

Je jistě menšina takových radioamatérů, kteří s oblibou pouze slepě kopírují předložené návody a rozzlobí je, je-li někde vynechána hodnota jediné součástky nebo umístění otvoru. Většina je těch, kteří rádi tvoří, dávají do konstruovaného přístroje také něco ze sebe. Málokdo z amatérů a mnohdy i profesionálů je natolik časově i odborně fundován, aby mohl vymýšlet úplně nová zapojení, dosud nepoužité obvody apod. Většinou se mu zalíbí zapojení, které někdy někde zahlédl a začne ho upravovat pro vlastní

Publikace s podobným obsahem jako je toto číslo Radiového konstruktéra měly vždy velký ohlas mezi čtenáři a byly brzy rozebrány. Byli bychom ale velmi rádi, kdyby čtenáři udělali také něco „na oplátku“ pro nás. Mnoho z vás si jistě některé obvody vyzkouší a zhotoví jejich aplikací různá zařízení. Vzpomeňte si potom na redakci, která vám poskytla ten prvotní materiál – podnět – a popište podrobněji ve formě konstrukčního návodu svůj přístroj. Ne všichni jsou tak šikovní jako Vy (popř. nemají takové mož-

INSPIRACE

APLIKACE

potřebu. Takto vzniklo a jistě vznikne ještě mnoho velmi zajímavých a vtipných obvodů. Nejdůležitější je tedy podnět, ono „někdy někde zahlédl“. Obsahem tohoto čísla RK je právě sbírka podnětů – zajímavých a praktických zapojení z radiotechniky a aplikované elektroniky, vybraných převážně ze zahraničních časopisů. Některá z nich jsou vyzkoušená, předělaná na naše dostupné součástky a upravená do formy konstrukčního návodu, aby i ta první skupina radioamatérů zde něco pro sebe našla. Většina zapojení je však uvedena v původním stavu se stručným popisem funkce a je na schopnostech každého a na možnostech jeho domácí „aplikační laboratoře“, aby zapojení vyzkoušel, upravil, popř. použil pouze část pro právě konstruovaný přístroj atd.

ností) a jistě uvítají podrobnější návody.

Přejeme vám všem mnoho úspěchu při realizaci a využívání uvedených zapojení a těšíme se na další spolupráci s vámi se všemi.

Milí čtenáři,

ač neradi, musíme vás seznámit s nepříjemnou skutečností. V rámci současných úprav stouply značně ceny za papír a tiskářenské práce. Přihlásila se i PNS, která dnes dostává za rozšiřování časopisů 25 % prodejní ceny. A tak řetězová reakce postihne bohužel i čtenáře, protože Vydavatelství, ač nerado, muselo upravit cenu od č. 4 na 4,50 Kčs za číslo, tj. předplatné za půl roku 13,50 Kčs. Redakce však věří, že tato úprava ceny se neprojeví na vašem zájmu o časopis, který máte rádi. Raději bychom vám v budoucnosti sdělovali příjemnější zprávy

Zajímavá praktická

ZAPOJENÍ 2

Zdeněk Svobodný

Vzhledem k tomu, že Radiový konstruktér č. 4/1968 měl značný ohlas mezi čtenáři, požádala mě redakce o pokračování v této tématice – předkládám tedy čtenářům druhý díl zajímavých zapojení ze zahraniční časopisecké a knižní produkce. Jsem velmi rád, že první RK tohoto typu měl úspěch, neboť to svědčí (kromě jiného) o zájmu čtenářů, o snaze dozvědět se co nejvíce informací z moderní elektroniky – prostě „rozšířit si obzory“. A to je jediné správná cesta jak pro ty, kteří neovládají cizí jazyky tak dobře, aby si sami mohli ověřit, „jak to dělají jinde“, tak i pro ty, kteří nemají možnost obstarat si cizí literaturu, ať již z nedostatku finančních prostředků nebo z jiných důvodů.

K minulému Konstruktéru s touto tematikou došlo velmi mnoho dopisů čtenářů s připomínkami nejrůznějšího druhu; čtenáři žádali především podrobnější označení pramenů jednotlivých článků, podrobnější popis úprav zapojení při náhradách cizích součástek za naše, někteří si stěžovali, že popisovaný obvod, který postavili s našimi součástkami, nechtěl za žádnou cenu správně pracovat, jiní měli připomínky k výběru jednotlivých materiálů, k jejich zpracování atd.

Pokud je to v mých silách, snažil jsem se připomínkám vyhovět – citace pramenů je v tomto čísle zcela přesná, při výběru materiálů jsem se řídil do jisté míry i požadavky jednotlivých čtenářů a snažil se lépe uspořádat jednotlivé kapitoly. Některým požadavkům jsem při nejlepší vůli nemohl vyhovět – to se týká především požadavků podrobnějších popisů úprav obvodů při náhradě součástek. K tomu by bylo třeba mít k dispozici dokonale konstrukční podklady, podrobné

údaje polovodičových prvků s charakteristikami apod.; každý čtenář ví, že je někdy zhora nemožné získat tyto podklady pro naše součástky, natož pro zahraniční. Není též v lidských silách všechna popisovaná zapojení a všechny obvody zkoušet – na to by nestačil tým výzkumníků se širokou specializací – především z časových důvodů.

K otázce správné činnosti obvodů při náhradách cizích součástek našimi bych chtěl zdůraznit pouze jednu zkušenost, vyplývající z praxe: chci-li realizovat jakýkoli obvod, popisovaný v tomto RK (nebo kterýkoli jiný ze zahraničních pramenů), musím co nejdokonaleji zjistit vlastnosti a parametry všech součástek jež jsou v původním prameni použity, musím si ověřit rozbořem činnosti, zda není v zapojení chyba, zda je možná náhrada našimi součástkami a v jakém rozsahu, zda se vyplatí časově i finančně tento obvod nebo celé zapojení vyvíjet. Jistě, jde v podstatě o vývoj nových zařízení se všemi nevýhodami (možnost neúspěchu, časové a finanční ztráty atd.), avšak i s výhodami (unikátní zařízení, dokonalá činnost neběžných zařízení, v neposlední řadě i uspokojení nad dobře vykonanou prací, sebevzdělání apod.). Je samozřejmé, že prvním požadavkem při této práci je dobré vybavení měřicími přístroji a především dobrá měřicí technika, tj. znalost měřicích metod a vlastností měřicích přístrojů, aby výsledky měření odpovídaly skutečným poměrům v obvodu a skutečným vlastnostem zařízení (což nebývá vždy tak jednoduché).

Závěrem bych chtěl uvést malý příklad postupu při realizaci popisovaných obvodů. Příslušníci jedné beatové skupiny, která stavěla fuzz (RK 4/68, str. 18, obr.

19) napsali do redakce výhrůžný dopis, že mne budou žalovat, neboť nemohou zapojení uvést do chodu. V originálu jsou použity křemíkové tranzistory 2N3565, avšak oni použili germaniové tranzistory 106NU70, aniž by změnili hodnotu jakékoli součástky. Protože se na mne v té době obrátilo i několik mých známých se žádostí o zapojení tzv. boostru, zkusil jsem činnost fuzzu se součástkami přesně podle originálu, pouze jsem zaměnil původní tranzistory za naše křemíkové tranzistory KF508. Osciloskopem jsem posléze zjistil, že obvod pracuje přesně podle popisu v RK, ovšem pouze za předpokladu, že napětí na výstupu snímače je asi 10 i vícekrát větší, než jaké naše snímače (nebo snímače u nás běžně používané) jsou schopny dodat. Protože zapojení je z amerického časopisu, zajímal jsem se o údaje amerických kytarových snímačů a skutečně se ukázalo, že někteří američtí výrobci zhotovují snímače s tak velkým výstupním napětím, že popsany fuzz spolehlivě vybudí.

Z toho plyne poučení, které platí ve všech oborech lidské činnosti – chci-li se dopracovat zdárného výsledku, musím „věc“ ovládat, čím lépe ji ovládám, čím více o ní vím, tím lepší bude výsledek a tím dříve a snadněji ho dosáhnu.

Tak tedy – mnoho zdaru v realizaci následujících zapojení. A aby nedošlo k omylu – zapojení, která jsem vyzkoušel a postavil jsou pouze v druhé části tohoto čísla RK, nazvané „Konstrukční část“. V první části jsou příklady zahraničních zapojení: stabilizovaných zdrojů, zesilovačů nf i vf, měřicích přístrojů, zapojení z aplikované elektroniky atd.

Příklady zapojení

Regulované stabilizované napájecí zdroje pro tranzistorovou techniku

V zásadě rozeznáváme dva hlavní druhy regulátorů stejnosměrného napětí, pracujících na zcela odlišných principech, tzv. regulátory lineární a tzv. regulátory „spínané“. Regulačním prvkem lineár-

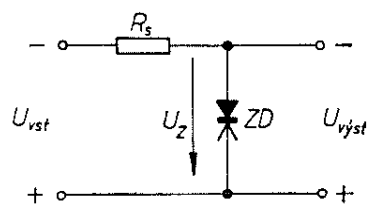
ních regulátorů je tranzistor, pracující v lineární oblasti svých charakteristik; tranzistor bývá zařazen mezi neregulovaný zdroj stejnosměrného napětí a zátěž a pracuje tak, aby výstupní napětí bylo co nejstálější.

Ve „spínaném“ regulátoru obvod s polovodiči (obvykle dosti složitý) mezi vstupem a výstupem stále spíná a vypíná (stručně řečeno) tak, aby výstupní napětí bylo co nejstálější.

Z obou druhů regulátorů doznamy v běžné praxi rozšíření především regulátory lineární, neboť jsou obvykle méně složité než regulátory druhého typu.

Regulátory lineární mohou být jednak s paralelním regulačním tranzistorem (pro menší proudy a napětí), nebo se sériovým regulačním tranzistorem (pro větší proudy a napětí). Praktická zapojení obou druhů lineárních regulátorů si ukážeme později. Vzhledem k tomu, že se regulovaný zdroj stabilizovaného stejnosměrného napětí stal nejpotřebnější pomůckou dílny i laboratoře (a to nejenom pro nedostatek baterií) a pravděpodobně každý jednotlivec bude mít na regulaci a stabilizaci jiné nároky a požadavky, probereme si základní návrh regulovaných stabilizovaných zdrojů poněkud podrobněji.

Jedním z polovodičových prvků, jež se používají k získání stálého stejnosměrného napětí při malém odběru proudu, je Zenerova dioda. Na obr. 1 je základní uspořádání



Obr. 1. Základní uspořádání stabilizačního obvodu se Zenerovou diodou

dání stabilizačního obvodu se Zenerovou diodou. Na vstup obvodu se připojuje zdroj neregulovaného stejnosměrného napětí U_{vst} , R_s je sériový odpor, ZD je Zenerova dioda se Zenerovým napětím U_z , jež je v tomto případě stejné jako žádané výstupní napětí U_{vyst} . V ideálním případě je

$$R_s = \frac{(U_{vst \min} - U_{vyst})}{I_{\max}} \quad [\Omega; V, A] \quad (1),$$

kde $U_{vst \min}$ je nejmenší předpokládané vstupní napětí a I_{\max} největší proud, odebíraný zátěží. Při této volbě R_s bude vždy $U_{vyst} = U_Z$; ovšem jen do té doby, dokud proud zátěže bude menší než I_{\max} . Pro toto zapojení je charakteristické, že součet proudu Zenerovou diodou a proudu zátěží je vždy konstantní.

V praktických zapojeních se volí vždy sériový odpor R_s asi o 5 až 10 % menší, než je v ideálním případě (z důvodů bezpečnosti); v praxi je tedy

$$R_s = 0,9 \frac{(U_{vst \min} - U_{vyst})}{I_{\max}} \quad (2).$$

Aby obvod správně reguloval vstupní kolísavé napětí, je třeba, aby vstupní napětí $U_{vst \min}$ bylo alespoň $1,5 U_{vyst}$.

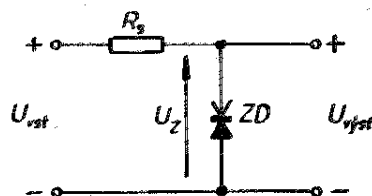
Důležitou otázkou je i volba Zenerovy diody s ohledem na výkon, který se na ní spotřebuje (s ohledem na její ztrátu). V tomto případě volíme typ Zenerovy diody asi takto: předpokládejme, že maximální vstupní napětí bude $U_{vst \max}$. Pak je dána ztráta Zenerovy diody vztahem

$$P_{ZD} = \frac{U_{vyst} (U_{vst \max} - U_{vyst})}{R_s} \quad [W; V, \Omega] \quad (3),$$

kde R_s je sériový odpor podle vztahu (2).

Uvedme si příklad. Napětí $U_{vst \min} = 15 V$, $U_{vyst} = 12 V$, $I_{\max} = 1 A$. Pak

$$R_s = \frac{0,9 (U_{vst \min} - U_{vyst})}{I_{\max}} =$$



Obr. 2. Uspořádání stabilizačního obvodu se Zenerovou diodou, je-li jako společná elektroda kladný pól zdroje

$$= \frac{0,9 (15 - 12)}{1} = 0,9 \cdot 3 = 2,7 \Omega.$$

Předpokládáme-li, že se vstupní napětí (např. při kolísání sítě) zvětší až na např. 18 V, maximální proud I_{\max} odporem R_s bude

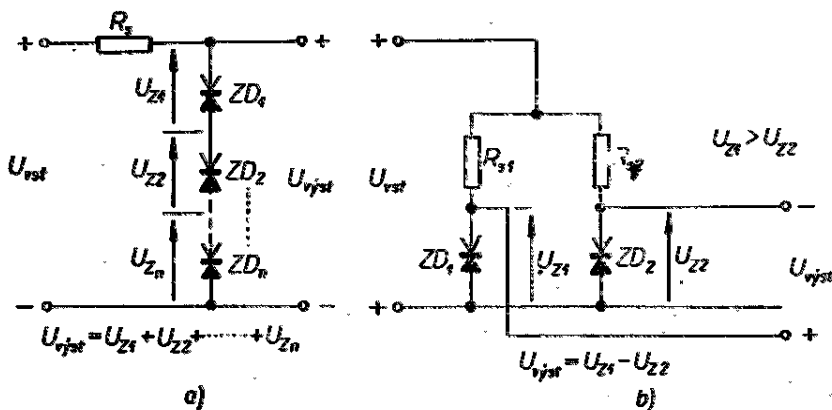
$$I_{\max} = \frac{(U_{vst} - U_{vyst})}{R_s} = \frac{(18 - 12)}{2,7} = 2,2 A.$$

Odpor musí být tedy na zatížení 2,2 A . 6 V = 13,2 W a Zenerovou diodou poteče při nezatíženém výstupu celý proud – musí mít tedy povolenou ztrátu nejméně $12 V \cdot 2,2 A = 26,4 W$. Přehled čs. Zenerových diod je v tab. 1.

Polaritu Zenerovy diody lze i obrátit (obr. 2). Polarita vstupního i výstupního napětí je v tom případě zřejmá z obrázku. Takto lze uspořádat napájení pro zařízení, u nichž je jako společná elektroda kladný pól zdroje.

Jestliže chceme získat větší stabilizované výstupní napětí, než pro jaké jsou běžné Zenerovy diody určeny, lze řadit libovolný počet Zenerových diod do série (obr. 3a). Výběr těchto diod vzhledem k jejich ztrátě je třeba dělat podle vztahu

Obr. 3. a) Řazení Zenerových diod do série (při požadovaném větším napětí U_Z , než je běžná velikost); b) zapojení Zenerových diod při požadovaném menším napětí U_Z , než je běžná velikost

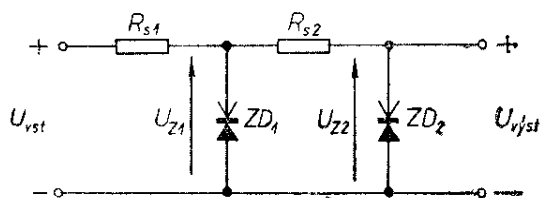


pro dovolenou ztrátu ($I_Z U_Z$) u každé jednotlivé diody v řetězci.

Chceme-li získat menší stabilizované napětí, než pro jaké jsou běžné Zenerovy diody určeny (u nás tedy pro napětí menší než asi 5 V), zapojíme Zenerovy diody podle obr. 3b.

Zapojení na obr. 3 lze využít i k teplotní kompenzaci obvodu, neboť většina Zenerových diod se Zenerovým napětím menším než 5 V má napětí nepřímo závislé na teplotě, tj. se zvětšující se teplotou se jejich Zenerovo napětí zmenšuje. U Zenerových diod se Zenerovým napětím nad 5 V je tomu naopak. Vhodným složením obou druhů diod lze stabilizační obvod navrhnout tak, že bude téměř teplotně nezávislý.

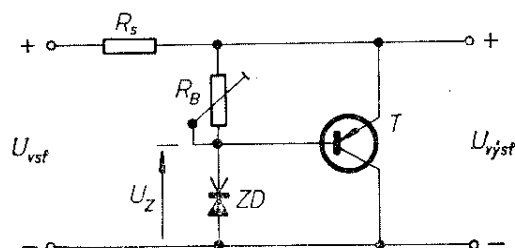
Posledním ze základních stabilizačních obvodů je obvod na obr. 4. Stručně lze říci,



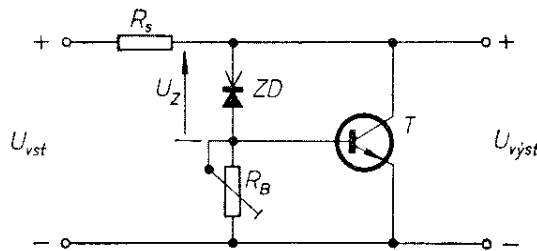
Obr. 4. Stabilizace dvěma Zenerovými diodami

že dioda ZD_1 stabilizuje převážně změny napájecího napětí a dioda ZD_2 změny, působené změnou proudu zátěže.

Použití Zenerových diod v zapojení na obr. 1, 2, 3 a 4 je velmi jednoduché a účinné. Kromě těchto předností má i tu výhodu, že se Zenerovy diody při zkratu na výstupu nezničí. Jak již bylo uvedeno, nehodí se však tato jednoduchá zapojení tam, kde vyžadujeme velké proudy zátěže. Tento nedostatek lze však odstranit po-



Obr. 5. Zapojení stabilizačního obvodu s možností odběru většího proudu s tranzistorem p-n-p



Obr. 6. Zapojení stabilizačního obvodu s možností odběru většího proudu s tranzistorem n-p-n

užitím tranzistorů ve spojení se Zenerovými diodami.

Zapojení z obr. 1 lze jednoduchým způsobem doplnit podle obr. 5; získáme tím možnost odebírat podstatně větší proud než z původního zapojení na obr. 1. Tranzistor T (p-n-p) slouží v podstatě jako bočník. Podobně lze zapojit i tranzistor druhého typu vodivosti (n-p-n) (obr. 6). Tomuto druhu nebo způsobu regulace říkáme paralelní regulace nebo regulace paralelním tranzistorem.

Jednotlivé prvky obvodů na obr. 5 a 6 lze určit ze vztahů

$$R_s = \frac{U_{vst \min} - U_{vyst}}{1,1 I_{\max}} \quad (4),$$

$$U_Z = U_{vyst} - U_{BE \max} \quad (5),$$

$$I_{Z \min} = 1,1 I_{B \max} = \frac{1,1 I_{\max}}{h_{21E \min}} \quad (6),$$

$$R_B = \frac{U_{BE}}{I_{B \max}} = \frac{0,9 (U_{BE \min} h_{21E \min})}{I_{\max}} \quad (7).$$

Symbody mají stejný význam jako u vztahů (1), (2), a (3).

Odpor R_s musí být na zatížení nejméně

$$P_R = 1,1 (U_{vst \max} - U_{vyst}) I_{\max} \quad [W; V, A] \quad (8)$$

a odporový trimr R_B

$$P_{RB} = \frac{U_{BE \max}^2}{R_B} \quad [W; V, \Omega] \quad (9).$$

Tranzistor musí mít dovolený kolektorový proud minimálně dvakrát tak velký, než je maximální proud zátěže, musí mít dovolené napětí U_{CE} větší, než je výstupní napětí U_{vyst} a proudové zesílení h_{21E} při

proudu $1,1I_{\max}$ ne menší, než je poměr $\frac{1,1I_{\max}}{I_Z}$. Kolektorová ztráta tranzistoru musí vyhovět vztahu

$$P_C = 1,1U_{\text{výst}} I_{\max} \quad (10).$$

I tyto obvody (obr. 5 a 6) jsou odolné vůči zkratům; má-li odpor R_s zatížitelnost větší než $\frac{1,1U_{\text{vst max}}}{R_s}$, nemusí být na výstupní straně pojistka.

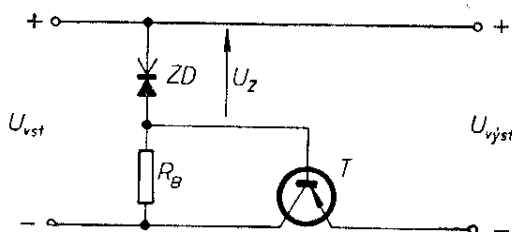
Nevýhodou takto uspořádaných stabilizovaných zdrojů je poměrně značný vnitřní odpor a značná závislost výstupního napětí na teplotě. Nevýhodou je i to, že se vždy odebírá ze zdroje vstupního napětí plný proud bez ohledu na odběr proudu zátěží.

Mnohem výhodnější je obvod, doplněný sériovým tranzistorem (obr. 7). Pro tranzistor s opačnou polaritou je zapojení na obr. 8.

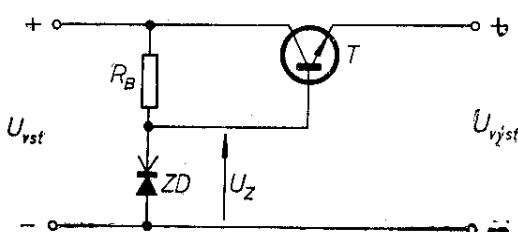
Zjednodušené vztahy pro výpočet jednotlivých prvků (pro předběžný návrh zcela postačující):

$$U_Z = U_{\text{výst}} + U_{\text{BE max}} \quad (11),$$

$$I_{Z \min} = \frac{1,1I_{\max}}{h_{21E}} \quad (12),$$



Obr. 7. Stabilizační obvod se sériovým tranzistorem typu n-p-n



Obr. 8. Stabilizační obvod se sériovým tranzistorem typu p-n-p

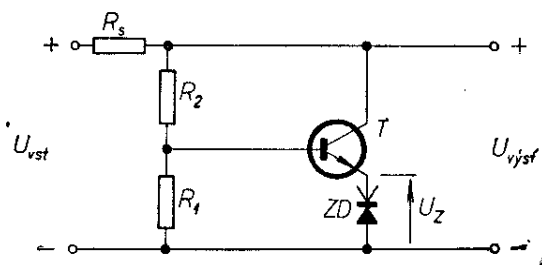
$$R_B = \frac{(U_{\text{vst min}} - U_Z)}{I_{Z \min}} \quad (13).$$

Zatížitelnost odporu R_B musí být větší než

$$P_{RB} = \frac{U_{\text{vst max}}^2}{R_B} \quad [\text{W}; \text{V}, \Omega] \quad (14).$$

Tranzistor musí vydržet proud alespoň $2I_{\max}$ a napětí $(U_{\text{vst max}} - U_{\text{výst}})$ při plném proudu zátěží (a při zkratu na výstupu ne méně než $U_{\text{vst max}}$). Tranzistor musí mít přitom kolektorovou ztrátu nejméně

$$P_C = (U_{\text{vst max}} - U_{\text{výst}}) I_{\max} \quad [\text{W}; \text{V}, \text{A}] \quad (15).$$



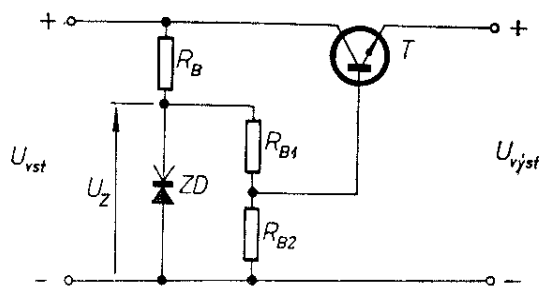
Obr. 9. Zapojení k získání většího výstupního napětí, než je napětí U_Z Zenerovy diody

Sériový regulátor (regulátor se sériovým tranzistorem) má velkou účinnost, proud odebíraný ze zdroje je úměrný proudu odebíranému zátěží. Regulátor není sice nezávislý na zkrat na výstupu, většinou se však používá s jednoduchou či složitější elektronickou pojistkou. Pojistka chrání především sériový regulační tranzistor před zničením velkým proudem.

Jestliže chceme odebírat ze zdroje stejnosměrného napětí větší napětí než je napětí U_Z použité Zenerovy diody, můžeme použít zapojení podle obr. 9. Výstupní regulované napětí je dáno přibližně vztahem $\frac{(R_1 + R_2) U_Z}{R_1}$. Zvětšení výstupního

napětí nad Zenerovo napětí použité diody je dáno vlastně pouze dovoleným napětím tranzistoru.

Stejně tak, chceme-li získat stabilizované napětí menší než je Zenerovo napětí použité diody, použijeme zapojení na obr. 10. Báze tranzistoru T je připojena vlast-

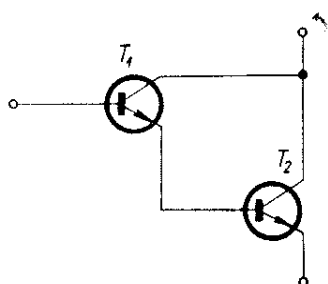


Obr. 10. Zapojení k získání menšího výstupního napětí, než je napětí U_Z Zenerovy diody

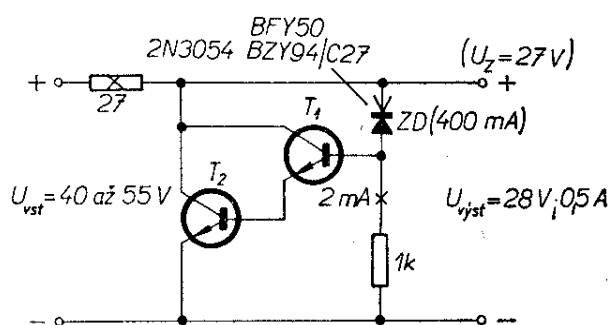
ně jako na střed děliče o celkovém odporu $R_{B1} + R_{B2}$. Poměr odporů R_{B1} a R_{B2} pro určité výstupní napětí lze určit ze vztahu

$$U_{vyst} = \frac{R_{B2} U_Z}{(R_{B1} + R_{B2}) - U_{BE}} \quad (16).$$

Závěrem tohoto úvodu jedna poznámka. Často lze vidět v praktických zapojeních stabilizátorů (ovšem nejen v těchto obvodech) zapojení tranzistorů podle obr. 11. Jde vlastně o náhradu jednoho tran-



Obr. 11. Darlingtonovo zapojení



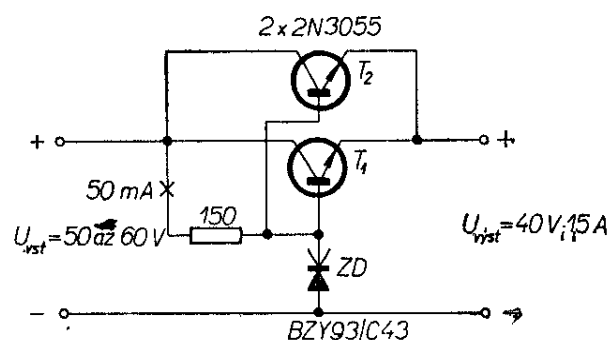
Obr. 12. Praktický obvod podle základního zapojení z obr. 6. Tranzistor 2N3054 je křemíkový tranzistor s kolektorovou ztrátou asi 10 W, tranzistor BFY50 má kolektorovou ztrátu 5 W. Zenerova dioda má ztrátu 400 mW

zistoru s velkým proudovým zesílením tzv. Darlingtonovým zapojením dvou tranzistorů (se společným kolektorem), v němž budící tranzistor T_1 obstarává především proudové zesílení a tranzistor T_2 kromě proudového i výkonové zesílení.

Praktická zapojení stabilizovaných zdrojů

Stabilizátory se Zenerovými diodami a regulačním tranzistorem

Na obr. 12 je praktický příklad podle základního zapojení na obr. 6. Obvod upravlí velikost a stabilizuje vstupní stejnosměrné napětí v rozmezí 40 až 55 V na

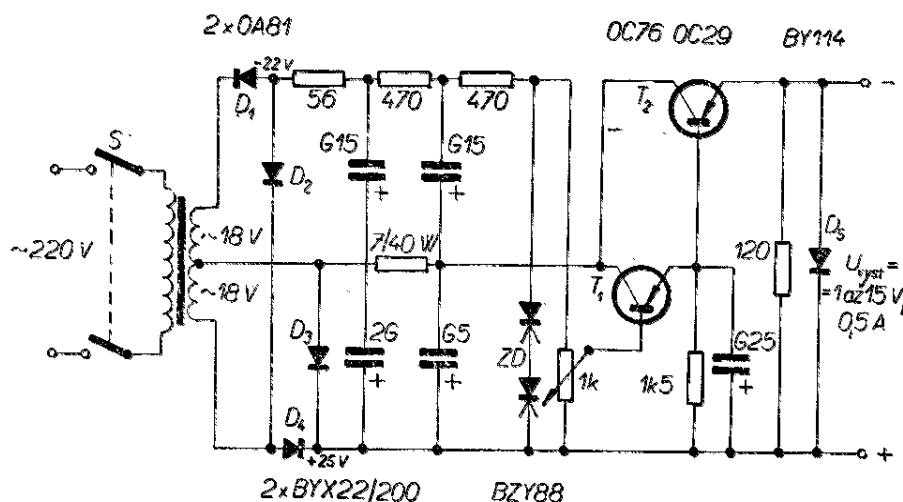


Obr. 13. Praktický obvod podle základního zapojení z obr. 7. Tranzistory 2N3055 jsou křemíkové nf tranzistory s kolektorovou ztrátou 110 W. Zenerova dioda má $U_Z = 43 V$

výstupní stabilizované napětí 28 V pro odběr proudu až 500 mA. Tranzistor T_2 je na chladiči o teplotním odporu lepším než 2°C/W . Takový teplotní odpor má (přibližně) např. černá matová hliníková deska o rozměrech asi $155 \times 155 \times 35$ mm, montovaná svisle.

Podle základního zapojení na obr. 7 pracuje obvod na obr. 13. Stabilizované výstupní napětí je 40 V při kolísání vstupního napětí až o 10 V při odběru proudu až 1,5 A. Jako „násobič proudu“ zde pracují dva paralelně zapojené křemíkové výkonové tranzistory, umístěné na chladiči o teplotním odporu 2°C/W . Na malé chladičové desce je umístěna i Zenerova dioda ZD.

Na obr. 14 je zapojení stabilizovaného zdroje se sériovým tranzistorem, vyvinu-



Obr. 14. Stabilizovaný zdroj se sériovým tranzistorem a omezením výstupního proudu. Tranzistor OC29 je germaniový tranzistor s kolektorovou ztrátou asi 30 W. BY114 je křemíková dioda s dovoleným napětím U_Z větším než 25 V

té anglickou firmou Mullard, která ho dodává jako všestranně použitelný laboratorní zdroj. Jako sériový tranzistor slouží Darlingtonovo zapojení tranzistorů T_1 , T_2 ; napětí pro Zenerovy diody (k získání tzv. referenčního, též opěrného napětí) se získává z poloviny sekundárního vinutí síťového transformátoru, což zmenšuje zvlnění výstupního napětí. Odpor 7 Ω , 40 W slouží jako omezovač proudu při zkratu na výstupu zdroje. Referenční napětí a tím i výstupní napětí lze regulovat potenciometrem 1 k Ω paralelně k Zenerovým diodám. Vybíjecí odpor 120 Ω na výstupu slouží jako „předzátěž“ a zmenšuje vliv změn odebíraného proudu. Dioda BY114 na výstupu (polarizovaná v nepropustném směru) zabráňuje poškození zdroje při jeho náhodném připojení na zařízení pod napětím.

Stabilizátory se zpětnou vazbou

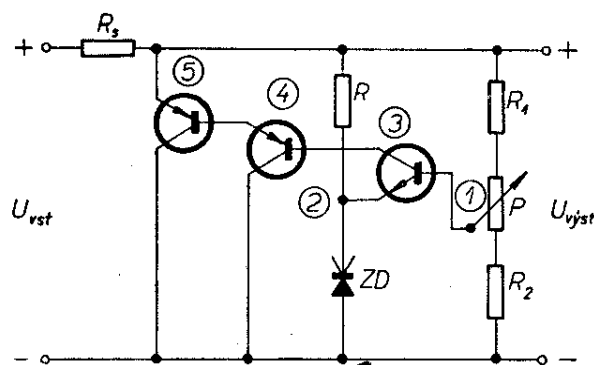
Dokonaleji než dosud popisované stabilizátory pracují stabilizátory se zpětnovazební smyčkou – mají lepší stabilizační účinky.

Zapojení tohoto druhu stabilizátorů lze podle jednotlivých obvodů rozdělit na pět hlavních prvků: z výstupu se bere vzorek stabilizovaného napětí (1), ten se spolu s referenčním napětím (2) porovnává v porovnávacím obvodu nebo prvku (3), výsledné napětí se zesílí (4) a vede buď (v případě, že jde o zdroj s tranzistorem, zapojeným jako bočník, tj. paralelně, obr. 5, 6) na vstupní paralelní tranzistor (5), nebo (u regulátoru se sériovým tranzistorem) na sériový tranzistor (5). Oba

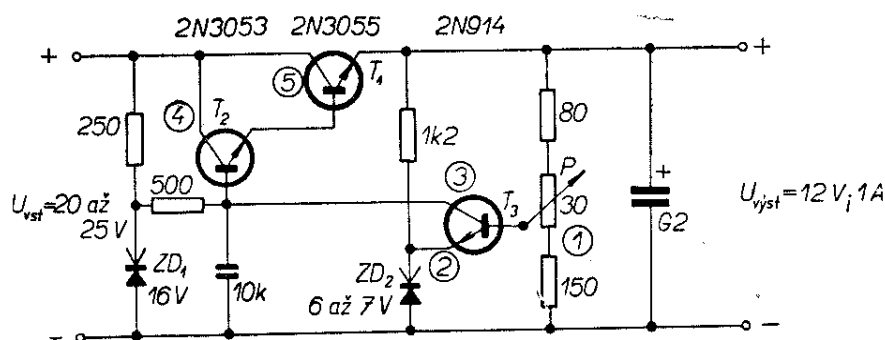
možné druhy regulátoru jsou na obr. 15 a 16.

Zapojení na obr. 15 pracuje tak, že část (vzorek) výstupního napětí odebíraná z běžce potenciometru P se vede na bázi T_3 . Emitor T_3 je připojen na stálé napětí, dané Zenerovým napětím diody ZD – tj. referenční napětí. Rozdílem těchto dvou napětí se řídí proud I_C tranzistoru T_3 , jenž opět ovládá Darlingtonovo zapojení tranzistorů T_2 , T_1 , které slouží jako paralelní regulační člen. Proud regulačního členu se tedy ovládá výstupním napětím, lépe řečeno, jeho změnami – dochází ke stabilizaci výstupního napětí (přivírají a otvírají se tranzistory regulačního členu).

Zapojení na obr. 16 pracuje stejně jako zapojení na obr. 15. Potenciometrem P se odebírá vzorek výstupního napětí a srovnává s napětím Zenerovy diody na tranzistoru T_3 . Kolektorový proud tranzistoru T_3 je ovládán rozdílem výstupního a referenčního napětí. Kolektorový proud T_3 a proud báze T_2 jsou současně ovládány



Obr. 15. Stabilizátor se zpětnou vazbou a paralelním tranzistorem



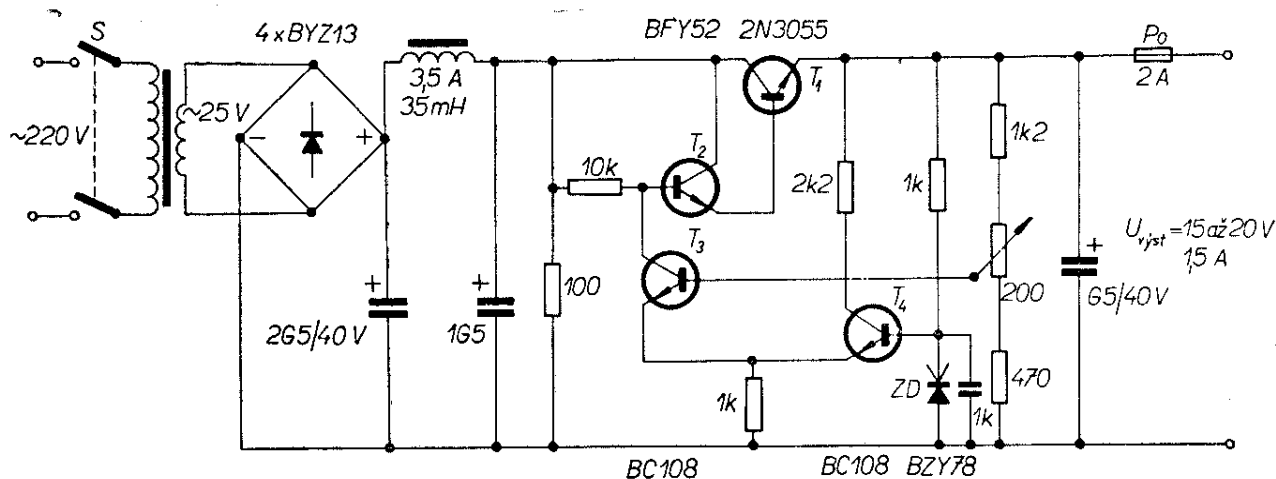
Obr. 16. Stabilizátor se zpětnou vazbou a sériovým tranzistorem. Tranzistor 2N3053 je křemíkový tranzistor s kolektorovou ztrátou asi 3 W, 2N3055 má kolektorovou ztrátu 110 W, 2N914 asi 1,2 W

i napětím Zenerovy diody ZD_1 (přes odpor 500 Ω) tak, že je jejich součet stálý. Jestliže (např. při odlehčení zátěže) by vzrostlo výstupní napětí, zvětší se napětí báze-emitor tranzistoru T_3 , čímž se zvětší i proud kolektoru T_3 . Výsledkem je zmenšení proudu báze T_2 , zmenšení kolektorového proudu T_1 a tím i výstupního napětí. Při zmenšení výstupního napětí (při větším proudu zátěže) je pochod ve větvi zpětné vazby opačný.

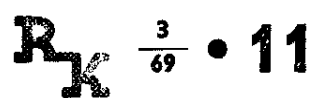
Kondenzátor 10 nF zabráňuje případným oscilačním obvodům – zamezuje zesílení vyšších kmitočtů ve větvi zpětné vazby. Odpor 80 Ω , 150 Ω a potenciometr P tvoří „předzátěž“, jež se běžně ve stabilizátorech používá a má tvořit asi 5 % maximálního možného odběru proudu). Výstupní napětí lze potenciometrem přesně nastavit na 12 V pro odběr až 1 A v teplotním rozmezí -20 až $+70$ $^{\circ}\text{C}$. Tranzistor T_1 je umístěn na chladiči o teplotním odporu 2,5 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$.

Další dva praktické obvody regulátorů jsou na obr. 17 a 18. Regulátor na obr. 17 dává říditelné stabilizované napětí v rozmezí 15 až 20 V s možností odebírat proud až 1,5 A (zapojení firmy Mullard). Odpor 100 Ω na výstupu je známá „předzátěž“, diferenciální zesilovač s tranzistorem BC108 slouží k porovnání vzorku výstupního napětí s referenčním napětím daným Zenerovým napětím diody ZD . Obě napětí se přivádějí na báze jednotlivých tranzistorů – toto uspořádání vylučuje změny napětí U_{BE} obou tranzistorů s teplotou, čímž se omezuje vliv teploty na změny výstupního napětí. Tranzistor T_3 ovládá činnost Darlingtonova zapojení tranzistorů T_1 a T_2 – sériového regulačního členu. Tranzistor T_1 je upevněn na chladiči s teplotním odporem 1,1 $^{\circ}\text{C}/\text{W}$, což je frézovaný hliníkový blok značných rozměrů.

Regulátory na obr. 18a a 18b pracují na stejných principech jako dosud popsaná zapojení, mají všechny jejich přednosti –



Obr. 17. Zdroj stabilizovaného napětí 15 až 20 V, 1,5 A. Tranzistory BC108 odpovídají našim tranzistorům KC508, tranzistor BFY52 má maximální ztrátu 4,4 W, 2N3055 110 W



Obr. 18b. Velmi jakostní stabilizovaný řídielny zdroj s křemíkovými tranzistory (jako T_1 slouží pět tranzistorů 2N3055; spodní vinutí síťového transformátoru je na 15 V)

především zapojení na obr. 18b, což je velmi náročný a velmi dobře pracující s kutečně všestranný zdroj, který má jak pro referenční napětí, tak pro di-

ferenciální zesilovač vlastní napájecí obvodu; zdroj pro diferenciální zesilovač dodává regulované a dokonale stabilizované napětí.

Tab. 1. Údaje Zenerových diod čs. výroby

| Charakteristické údaje | | | | | Mezní údaje | | | |
|------------------------|--------------|-----------------|---------------|---|---------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| Typ | U_Z [V] | r_{KA} [Ω] | I_Z [mA] | K_t při I_Z [$10^{-4}/^{\circ}\text{C}$] | I_Z [mA] | $I_Z^*)$ [mA] | P_{ZD} [W] | $P_{ZD}^{**})$ [W] |
| 1NZ70 | 5 až 6 | 1 až 2 | 100 | -3 až +5 | 230 | 790 | 1,25 | 5 |
| 2NZ70 | 6 až 7 | 1 až 2 | 100 | 0 až +6 | 200 | 700 | 1,25 | 5 |
| 3NZ70 | 7 až 8 | 1 až 2 | 100 | +2 až +7 | 180 | 640 | 1,25 | 5 |
| 4NZ70 | 8 až 9 | 1 až 2 | 100 | +4 až +7 | 170 | 590 | 1,25 | 5 |
| 5NZ70 | 8,8 až 11 | 2 až 4 | 50 | +4 až +8 | 130 | 460 | 1,25 | 5 |
| 6NZ70 | 11 až 13,5 | 4 až 7 | 50 | +4 až +8 | 110 | 340 | 1,25 | 5 |
| 7NZ70 | 13,5 až 16,5 | 6 až 11 | 50 | +5 až +9 | 90 | 300 | 1,25 | 5 |
| 8NZ70 | 16,2 až 20 | 10 až 18 | 25 | +5 až +9 | 70 | 250 | 1,25 | 5 |

*) S hliníkovou chladičí deskou $60 \times 60 \times 2$ mm

**) Teplota okolí max. 45°C

| | | | | | | | | |
|-------|--------------|----|-------|---|-----|-------|-----|----|
| KZ703 | 6 až 7,8 | <1 | 1 000 | 5 | 320 | 1 300 | 2,6 | 10 |
| KZ704 | 7 až 9,2 | <1 | 1 000 | 5 | 270 | 1 100 | 2,6 | 10 |
| KZ705 | 8 až 10,2 | <2 | 500 | 7 | 240 | 970 | 2,6 | 10 |
| KZ706 | 9,4 až 11,6 | <2 | 500 | 7 | 210 | 850 | 2,6 | 10 |
| KZ707 | 10,6 až 13 | <2 | 500 | 7 | 190 | 750 | 2,6 | 10 |
| KZ708 | 12 až 14,8 | <2 | 500 | 8 | 170 | 670 | 2,6 | 10 |
| KZ709 | 13,6 až 16,8 | <3 | 500 | 8 | 150 | 600 | 2,6 | 10 |
| KZ710 | 15,2 až 19 | <3 | 500 | 8 | 135 | 530 | 2,6 | 10 |
| KZ711 | 16,8 až 21 | <3 | 250 | 9 | 120 | 470 | 2,6 | 10 |
| KZ712 | 19 až 23,6 | <3 | 250 | 9 | 105 | 420 | 2,6 | 10 |
| KZ713 | 21,6 až 26,6 | <3 | 250 | 9 | 95 | 370 | 2,6 | 10 |
| KZ714 | 24,2 až 29,8 | <4 | 250 | 9 | 85 | 330 | 2,6 | 10 |
| KZ715 | 27 až 33 | <4 | 250 | 9 | 75 | 300 | 2,6 | 10 |

**) Hliníková chladičí plocha $100 \times 100 \times 2$ mm, teplota okolí 25°C nebo $160 \times 160 \times 2$ mm, teplota okolí 60°C ; K_t je teplotní součinitel.

| Typ | U_Z [V] | r_{KA} [Ω] | I_Z [mA] | P_{ZD} [mW] |
|-------|--------------|-----------------|---------------|------------------|
| KZZ71 | 5,8 až 7,5 | ≤ 8 | 5 | 280 |
| | 6 až 7,4 | ≤ 30 | 1 | |
| KZZ72 | 7 až 8,5 | ≤ 6 | 5 | 280 |
| | 6,8 až 8,4 | ≤ 12 | 1 | |
| KZZ73 | 8 až 9,5 | ≤ 10 | 5 | 208 |
| | 7,8 až 9,4 | ≤ 18 | 1 | |
| KZZ74 | 9 až 10,5 | ≤ 12 | 5 | 280 |
| | 8,8 až 10,5 | ≤ 25 | 1 | |
| KZZ75 | 10 až 12 | ≤ 15 | 5 | 280 |
| | 9,8 až 12 | ≤ 30 | 1 | |
| KZZ76 | 11,2 až 14 | ≤ 18 | 5 | 280 |
| | 10,8 až 14 | ≤ 35 | 1 | |

Uvedený ztrátový výkon je bez chladiče do teploty okolí 50°C .

Závěrný proud I_{KA} je pro všechny typy menší než $0,1 \mu\text{A}$ při napětí $U_{KA} = 1 \text{ V}$.

Napětí U_{AK} je menší než 1 V při proudu 50 mA .

Univerzální stabilizovaný zdroj

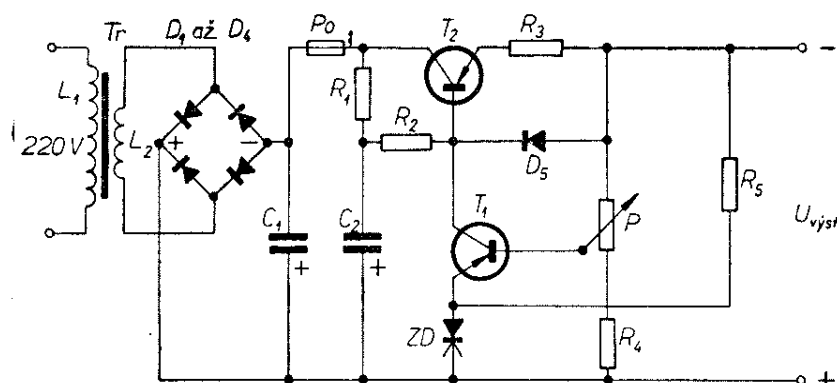
Pro běžnou potřebu postačí jednoduchý stabilizovaný zdroj s možností řízení výstupního napětí, jenž by nahradil baterie, tzn. musí být co nejlevnější, velmi stabilní, mít co nejmenší vnitřní odpor, co nejmenší zvlnění výstupního napětí i při odběru větších proudů atd. Takový zdroj, navíc i s elektronickou pojistkou, je na obr. 19.

Činnost vlastního regulačního členu, sériového tranzistoru T_2 , ovládá tranzistor T_1 tak, aby napětí na výstupu bylo konstantní. Vzorek výstupního napětí $U_{\text{výst}}$, získaný na děliči P, R_4 se přivádí na bázi T_1 a rozdíl mezi tímto napětím a referenčním napětím na Zenerově diodě ZD tvoří napětí báze - emitor tranzistoru T_1 . Toto rozdílové napětí ovládá velikost kolektorového proudu tranzistoru T_1 , jehož větší část teče i přes odpory R_1 a R_2 . Tím určuje kolektorový proud tranzistoru T_1 napětí mezi kolektorem a bází T_2 . Zvětší-li se výstupní napětí

(při zmenšení proudu zátěží), zvětší se i záporné napětí báze T_1 (vzhledem k emitoru T_1). Tím se zvětší i kolektorový proud T_1 a tím i napětí mezi kolektorem a bází T_2 . To má ovšem za následek, že záporné napětí báze T_2 (vzhledem k emitoru T_2) se zmenší - zvětší se odpor přechodu kolektor-emitor tranzistoru T_2 a výstupní napětí se zmenší.

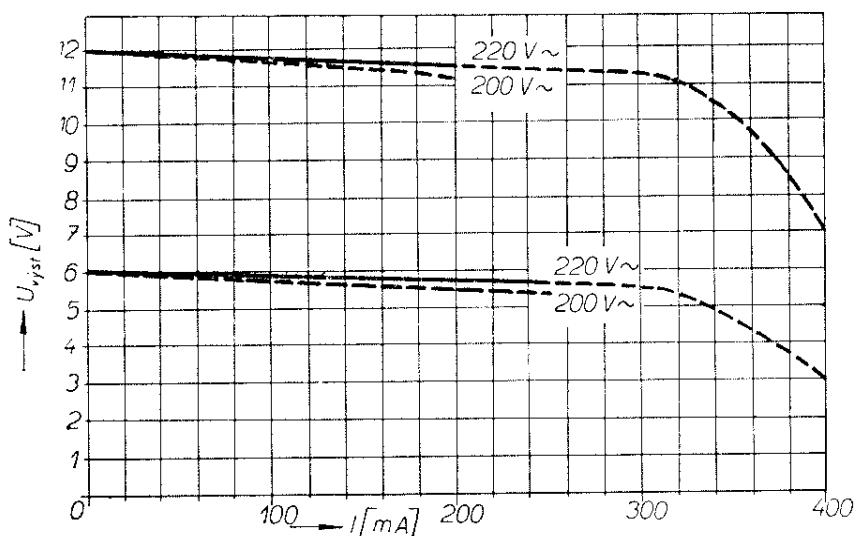
Jako ochrana proti přetížení T_2 slouží elektronická pojistka - odpor R_3 a dioda D_5 . Odpor R_3 je navržen tak, aby do dosažení maximálního dovoleného zatěžovacího proudu I_{max} byl na něm úbytek napětí (spolu s napětím U_{BE} tranzistoru T_2) menší, než je napětí, potřebné k otevření diody D_5 . Dioda tedy při normálním provozu nevede.

Překročí-li odebíraný proud dovolenou mez, zvětší se úbytek napětí na R_3 , ten otevře diodu D_5 a způsobí tak změnu napětí U_{BE} tranzistoru T_2 . Tranzistor T_2 se zavírá. Dalším zvětšováním proudu zátěží se výstupní napětí čím dál tím víc zmenšuje, tranzistor se přivírá stále



Obr. 19. Univerzální stabilizovaný zdroj. Potřebné údaje jsou v tabulce v textu

Obr. 20. Závislost výstupního napětí zdroje při různém napětí sítě na proudu zátěže



Tab. 2. Hodnoty součástek napájecího

| $U_{\text{výst}} [\text{V}]$ | $I_{\text{max}} [\text{mA}]$ | T_1 | T_2 | Chladič Al, tl. 1 mm černěn | ZD | D_s | $\frac{R_1}{R_2}$ [Ω] | R_3 [Ω] | R_4 [Ω] |
|------------------------------|------------------------------|-------|-------|-----------------------------------|---------------|-------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 6 | 250 | AC122 | AC117 | 60 × 60 | BZY85 C5V6 | BZY87 | 1k | 1 | 820 |
| 6 | 1000 | AC122 | AD160 | 80 × 80 | BZY85 C5V6 | BZY87 | 150 | 0,5 | 820 |
| 9 | 200 | AC122 | AC117 | 60 × 60 | BZY85 C7V5 | BZY87 | 1k | 1 | 820 |
| 9 | 750 | AC122 | AD160 | 80 × 80 | BZY85 C7V5 | BZY87 | 330 | 0,5 | 820 |
| 12 | 200 | AC122 | AC117 | 60 × 60 | BZY85 C11 | BZY87 | 1k5 | 1 | 820 |
| 12 | 700 | AC122 | AD160 | 80 × 80 | BZY85 C11 | BZY87 | 510 | 0,5 | 820 |
| 24 | 100 | AC122 | AC117 | 60 × 60 | BZY85 C22 | BZY87 | 1k5 | 2,7 | 5k1 |
| 24 | 300 | AC122 | AD160 | 80 × 80 | BZY85 C22 | BZY87 | 820 | 1 | 5k1 |
| 6 ÷ 12 | 250 | AC122 | AD155 | 110 × 110 | BZY85 C5V6 | BZY87 | 1k5 | 1 | 470 |
| 6 ÷ 12 | 700 | AC122 | AD160 | 160 × 160 | BZY85 C5V6 | BZY87 | 510 | 0,5 | 470 |

Pozn. Plechy transformátoru skládat střídavě.
Všechny odpory na zatížení 0,1 W kromě R_3 (0,5 W).
 T_1 s fialovou tečkou — $\beta = 130$ až 200.
AC117 musí mít $\beta \geq 250$, AD155 ≥ 200 , AD160 ≥ 125 .

více a ani při zkratu na výstupu se nemůže zničit.

Vzhledem k tomu, že při zkratu na výstupu je celé vstupní napětí na tranzistoru T_2 , je ho třeba dimenzovat na příslušnou kolektorovou ztrátu, popř. chladit.

Pojistka se nastavuje tak, aby tranzistorem tekla maximálně proud I_{max} (viz tab. 2).

V tab. 2 jsou hodnoty jednotlivých součástek pro různá výstupní napětí a různé proudy, v tab. 3 výstupní odpor a brumové napětí U_{br} při různých výstupních proudech a napětích. Na obr. 20 je

závislost výstupního napětí při různém napětí sítě na proudu zátěže I . Návrh plošných spojů zdroje je na obr. 21.

Towers, T. D.: Constant-voltage D. C. Supplies. Wireless World 74, srpen 1968, str. 310.

Firemní literatura firmy Mullard.

Einfache, stabilisierte Netzteile für Stromversorgung von Batteriegeräten. Das elektron international, č. 5—7, 1968.

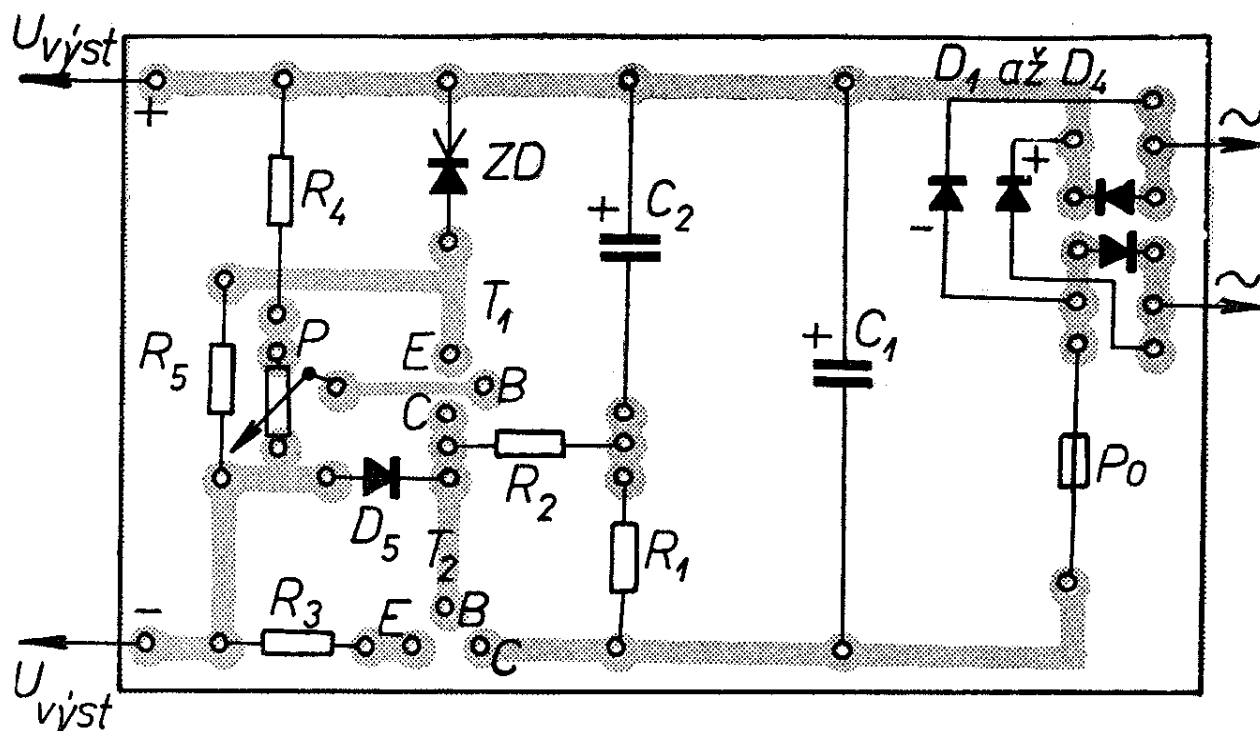
Kristalldioden und Transistoren Taschen-Tabelle. Franzis-Verlag: Mnichov 1967.

stabilizovaného zdroje z obr. 19

| R_s [k Ω] | P [Ω] | na napětí | | | Síťový transformátor Tr | | | | |
|------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|-------|---------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------|
| | | C_1 , [GF] | C_2 [μ F] | [V] | Jádro | L_1 [z] | drát CuP \varnothing [mm] | L_2 [z] | drát CuP \varnothing [mm] |
| 2 | 250 | 2 | 25 | 15/18 | M41/23 | 4 300 | 0,1 | 198 | 0,38 |
| 2 | 250 | 5 | 100 | 15/18 | M55/21 | 2 400 | 0,13 | 109 | 0,7 |
| 2 | 250 | 2 | 25 | 25/30 | M42/15 | 4 300 | 0,1 | 276 | 0,34 |
| 2 | 250 | 5 | 100 | 25/30 | M55/21 | 2 400 | 0,13 | 146 | 0,55 |
| 2 | 250 | 2 | 25 | 25/30 | M42/15 | 4 300 | 0,1 | 318 | 0,34 |
| 2 | 250 | 5 | 100 | 25/30 | M55/21 | 2 400 | 0,13 | 166 | 0,55 |
| 4,3 | 1 000 | 0,5 | 10 | 70/80 | M42/15 | 4 300 | 0,1 | 620 | 0,26 |
| 4,3 | 1 000 | 2 | 50 | 35/40 | M55/21 | 2 400 | 0,13 | 320 | 0,45 |
| 2 | 500 | 2 | 25 | 25/30 | M42/15 | 4 300 | 0,1 | 360 | 0,34 |
| 2 | 500 | 5 | 100 | 25/30 | M55/21 | 2 400 | 0,13 | 166 | 0,55 |

Tab. 3. Výstupní $R_{výst}$ a brumové napětí U_{br} zdroje z obr. 19

| $U_{výst}$ [V] | 6 | 6 | 9 | 9 | 12 | 12 | 24 | 24 | 6 až 12 | 6 až 12 |
|-----------------------------|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|
| při I_{max} [mA] | 250 | 1 000 | 200 | 750 | 200 | 700 | 100 | 300 | 250 | 700 |
| $R_{výst}$ [Ω] asi | 1,7 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 5 | 3 | 0,6 až 0,9 | 0,2 až 0,5 |
| U_{br} [mV] při I_{max} | 5 | 7 | 0,4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 4 | 5 | 1 |
| 0,5 I_{max} | 1 | 4 | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 0,2 | 1 | 1 | 1,2 | 0,2 |



Obr. 21. Návrh plošných spojů zdroje z obr. 19

Síťové zdroje bez transformátorů

Nové prvky, tyristory, umožnily konstrukci napájecích zdrojů (bez transformátorů), jejichž výstupní stejnosměrné napětí lze elektronicky řídit – účinnost takového zdroje je podstatně vyšší než u dosud používaných zdrojů se srážecími odpory a je asi 85 až 95 % (podle zapojení).

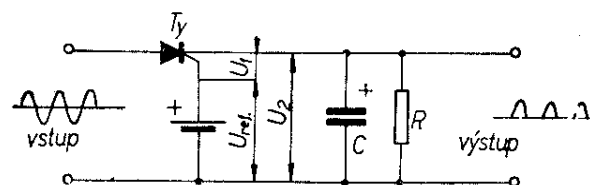
Tyristor je usměrňovač, jenž je za běžných pracovních podmínek nevodivý v obou směrech. Do vodivého stavu (v jednom směru) se uvádí pomocným napětím, přiváděným na řídicí elektrodu. Pomocné napětí řídicí elektrody k uvedení tyristoru do vodivého stavu musí mít takovou polaritu, aby bylo kladné proti katodě tyristoru. Pak lze pomocí tzv. Phasenanschnittsteuerung uspořádat obvod tak, že tyristor pro-

pouští pouze určitou část kladných půlvln usměrněného napětí, čímž lze řídit velikost výstupního napětí.

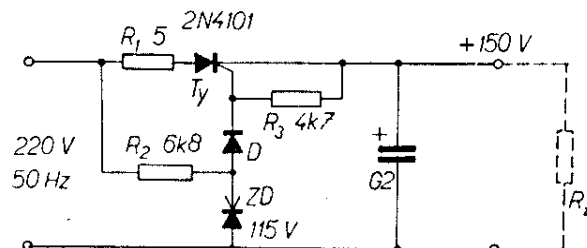
Na obr. 22 je základní zapojení tyristoru jako usměrňovače síťového napětí. Zapojení se neliší od běžného zapojení usměrňovačů s polovodičovými diodami, navíc je v obvodu pouze zdroj referenčního napětí U_{ref} , jež otvírá tyristor. Jestliže je toto napětí dostatečně velké, pak obvod pracuje jako běžný jednocestný usměrňovač. Velikost referenčního napětí je pak určena vztahem

$$U_1 = U_{ref} - U_2.$$

Velmi stručně řečeno, tyristor usměrňuje a do jisté míry stabilizuje výstupní napětí asi takto: při kladné půlvlně



Obr. 22. Základní zapojení tyristoru jako usměrňovače síťového napětí



Obr. 23. Síťový zdroj bez transformátoru (s tyristorem 2N4101)

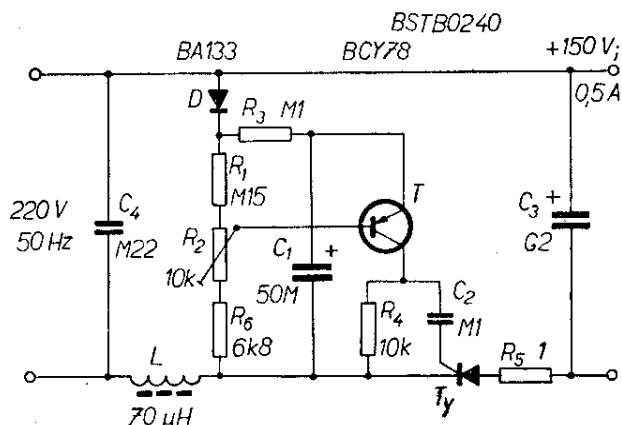
usměrněného napětí tyristor zapálí, přes něj se nabije filtrační kondenzátor asi na napětí, odpovídající špičkovému napětí sítě. Vlivem zátěže se kondenzátor během další periody vybíjí, a to tím rychleji, čím větší proud odebírá zátěž (čím je menší konstanta RC , obr. 22).

V okamžiku, kdy je výstupní napětí menší než referenční, bude řídicí elektroda tyristoru kladnější než katoda tyristoru, tyristor povede, kondenzátor C se nabije; až bude U_2 větší než U_{ref} , tyristor se zavře a kondenzátor opět dodává nashromážděnou energii do zátěže atd. Čím větší je odběr proudu, tím rychleji se tyristor otvírá a tím do jisté míry stabilizuje výstupní napětí.

Praktické zapojení je na obr. 23. Referenční napětí je odvozeno z napětí sítě (přes odpor R_2). Dioda D propouští na řídicí elektrodu tyristoru pouze napětí správné polarity. Změnou Zenerovy diody a odporů v obvodu nechá se nastavit výstupní napětí – v mezích asi 20 až 290 V. Zapojení stabilizuje i změny výstupního napětí s ohledem na zátěž; změny síťového napětí však vyrovnány nejsou.

Jestliže se zapojení uspořádá tak, aby změny referenčního napětí byly nepřímě úměrné změnám síťového napětí, lze získat zdroj, jehož výstupní napětí je nezávislé na změnách napětí sítě (obr. 24). V zapojení pracuje tranzistor BCY78 jako rychlý spínač, jenž ovládá činnost výkonového tyristoru BST BO240.

Po připojení obvodu k síti se přes odpor R_3 a diodu BA133 nabíjí kondenzátor C_1 . Jakmile je napětí na kondenzátoru C_1 větší než okamžitá hodnota na-



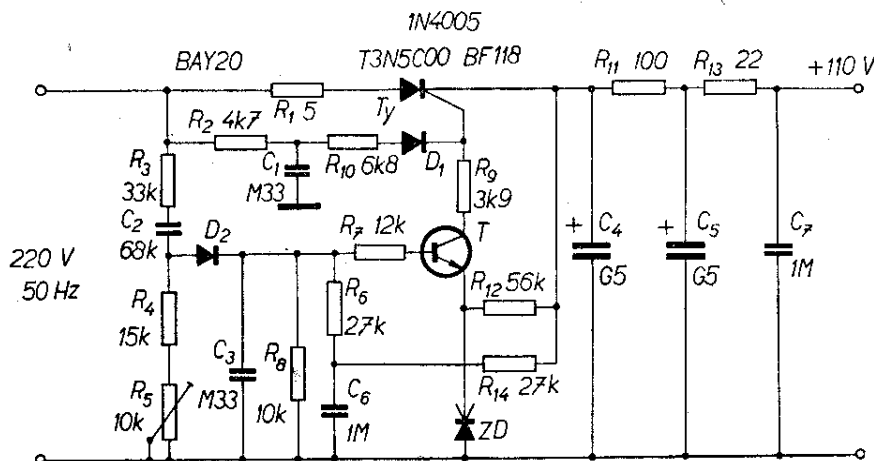
Obr. 24. Zdroj, jehož výstupní napětí je nezávislé na změnách a kolísání síťového napětí

pětí (nastaveného děličem R_2) na bázi T , tranzistor povede a zapálí přes kondenzátor C_2 tyristor. Tímto zapojením jsou respektovány a kompenzovány vlivy vstupního napětí na velikost usměrněného výstupního napětí. Stabilizace výstupního napětí v závislosti na odběru proudu (tzn. na rychlosti vybíjení kondenzátoru C_3) probíhá tak, že tyristor se vždy zavře, jakmile okamžitá hodnota vstupního sinusového napětí bude stejná jako napětí na kondenzátoru C_3 . V následující periodě (při vybíjení kondenzátoru C_3) tyristor vede a kondenzátor se opět nabíjí na napětí poněkud větší, než je okamžitá hodnota sinusového napětí.

Člen C_4L na vstupu obvodu slouží jako odrušovací člen k potlačení rušení rozhlasových a televizních přijímačů.

Popsané zapojení má velmi vysokou účinnost (asi 94 %) a výstupní napětí lze změnou hodnot součástek snadno

Obr. 25. Zdroj stejnosměrného napětí pro televizní přijímače



měnit. Proti prvnímu zapojení je výstupní napětí více závislé na změnách zátěže; závislost lze zmenšit použitím Zenerovy diody paralelně ke kondenzátoru C_1 .

Pro napájení televizních přijímačů byl vyvinut zdroj stejnosměrného napětí podle obr. 25, jehož výstupní napětí je nezávislé jak na změnách vstupního napětí (sítě), tak na změnách odběru proudu zátěží ve velmi širokém rozsahu. Tyristor se uvádí do vodivého stavu činností fázovacího článku R_2C_1 , odporu R_{10} a diody D_1 během kladných půlvln síťového napětí. Zapálení tyristoru ovládá současně i tranzistor T , BF118. Jestliže tranzistor vede, je řídicí elektroda tyristoru připojena přes odpory R_9 a R_{12} na napětí katody a tyristor proto nezapálí. Okamžik zapálení je závislý na rozdílu napětí na kondenzátoru C_4 a napětí na Zenerově diodě v emitoru tranzistoru T . Okamžik zapálení tyristoru závisí tedy na napětí kondenzátoru C_4 a na jmenovitém napětí Zenerovy diody. Napěťový dělič R_3 , C_2 , R_4 se nastaví odporovým trimrem R_5 tak, aby tranzistor byl při jmenovitém síťovém napětí uzavřen (až do určitého okamžiku) a otevřel se tyristor (zapálil). Zmenšuje-li se síťové napětí, tranzistor dosáhne dřív svého spínacího napětí a tyristor dříve zapálí.

Větev R_{14} , R_6 a R_7 přivádí na bázi tranzistoru vzorek výstupního napětí, čímž ovlivňuje činnost tranzistoru tak, jako je tomu při změnách vstupního napětí.

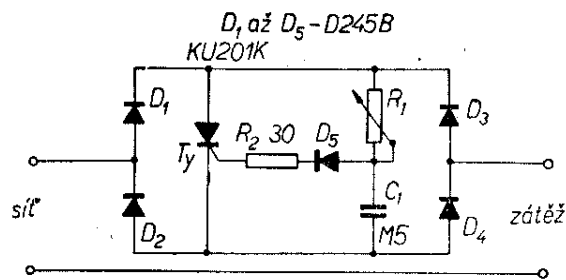
Limann, O.: Thyristoren in Netzgeräten. Radioschau (Rak.), č. 1/69.

Pelka, H. a Deppe, H.: Transformatorlose Netzgeräte mit kleinen Eigenverlusten. Siemens Bauteile Informationen č. 5/67.

Tyristorový regulátor výkonu

Zařízení, jehož schéma je na obr. 26, lze upotřebit k regulaci napětí jak na činných, tak na indukčních zátěžích. Zařízení se napájí ze sítě 120 nebo 220 V a napětí na zátěži lze regulovat od nuly do jmenovité hodnoty.

Tyristor T_y je zapojen do úhlopříčky



Obr. 26. Tyristorový regulátor výkonu činných i indukčních zátěží

můstku, sestaveného z diod D_1 až D_4 . Tyristor zastává úlohu řízeného spínače, jenž se otvírá (zapálí) při vybíjení kondenzátoru C_1 přes ochranný odpor R_2 a řízený přechod tyristoru pomocí přepínací diody D_5 . Napětí, při němž tyristor zapálí, lze regulovat potenciometrem R_1 , zapojeným jako proměnný odpor. Místo diody D_5 lze použít i Zenerovu diodu – v tom případě se zmenšuje rozsah regulace výstupního napětí na zátěži.

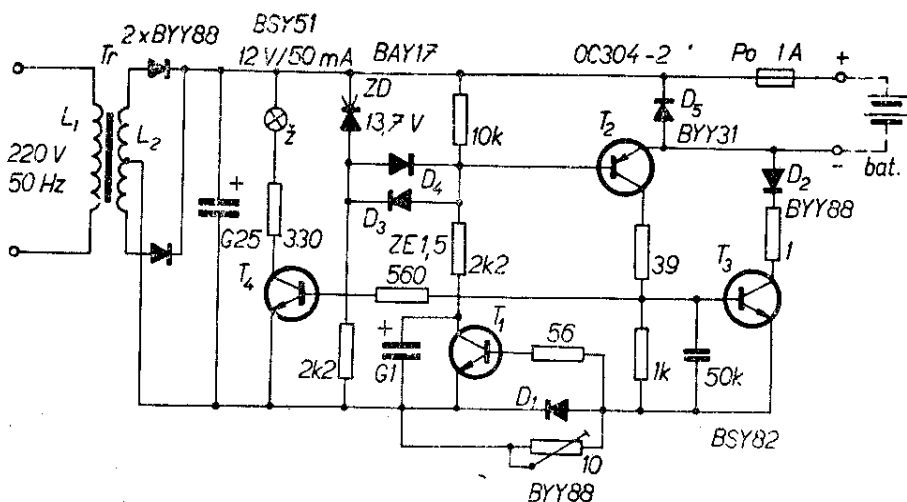
Radio (SSSR), č. 7/68.

Nabíječ olověných akumulátorů s automatikou

Olověné akumulátory se musí pro správnou činnost a dlouhou dobu života pravidelně dobíjet. Má-li dobíjení probíhat podle požadovaných předpisů, nesmí se při něm překročit nabíjecí proud a jmenovité napětí baterie (obvykle 2,5 V na jeden článek).

Zapojení na obr. 27 je určeno pro nabíjení baterie 12 V a nabíjecí proud maximálně 1 A. Zařízení má samočinné jištění, které vypne nabíječ při dosažení napětí 12,3 V (na svorkách akumulátoru). Vypínací proud lze nastavit odporovým trimrem 10 Ω .

Akumulátor se připojí na výstupní svorky nabíječe (obr. 27). Jestliže je napětí akumulátoru menší než Zenerovo napětí diody ZD , zmenšené o napětí na diodě D_3 a napětí U_{BE} tranzistoru R_2 , tedy je-li $U_{bat} < U_Z - U_{D3} - U_{BE}$, pak tranzistor T_2 vede. Vede-li tranzistor T_2 , vede i tranzistor T_3 a akumulátor se nabíjí. Část nabíjecího proudu baterie teče i bázi tranzistoru T_1 , jenž je též vodivý. Napětí na akumulátoru se při nabíjení



Obr. 27. Nabíječ olověných akumulátorů s automatikou. Tranzistor BSY51 je křemíkový tranzistor se ztrátou 800 mW, BSY82 má ztrátu 800 mW, OC304-2 má zesilovací činitel 50 až 80 a ztrátu 80 mW

zvětší na $U_{bat} = U_Z + U_{D4} - (-U_{BE})$. (Napětí $-U_{BE}$ přísluší tranzistoru T_2).

Napětí na akumulátoru se tedy při nabíjení zvětšuje, až dosáhne velikosti 12,3 V. Nabíjecí proud se při tomto napětí akumulátoru zmenší, proud báze tranzistoru T_1 přestane téci a zmizí jeho kolektorový proud, tranzistor se zavře. Tím bude také proud báze tranzistoru T_2 menší atd.; tranzistory se zavrou, nepovedou, přístroj se samočinně vypne; baterie je nabita. Samočinně se přístroj opět uvede do chodu, zmenší-li se napětí na svorkách akumulátoru pod 12,3 V.

Předtím, než se k přístroji zapojí akumulátor k nabíjení, je ho třeba připojit na okamžik na síť (aby běžel naprázdno), tím se nabije kondenzátor 100 μ F paralelně k dráze kolektor-emitor T_1 . Kondenzátor 100 μ F pak v prvním okamžiku po připojení akumulátoru svým nábojem udržuje proud báze tranzistoru T_2 .

Dioda paralelně k přechodu báze-emitor tranzistoru T_1 zabráňuje tomu, aby celý nabíjecí proud tekla bázi tranzistoru T_1 , což by vyžadovalo použití na tomto místě výkonový tranzistor. Proměnným odporem 10 Ω lze nastavit vypínací proud.

Kondenzátor mezi bázi a emitorem tranzistoru T_3 zamezuje vř oscilacím, jež se mohou v řídicím obvodu vyskytnout. Dioda D_2 zamezuje vybíjení akumulátoru při samočinném vypnutí přístroje přes diodu kolektor-báze, jež je zapojena v propustném směru (vzhledem k napětí akumulátoru).

Aby se přístroj nezničil při přepólování akumulátoru při připojování, je

mezi výstupní svorky připojena dioda D_5 , jež v běžném provozu nevede. Připojí-li se akumulátor obráceně, teče diodou velký proud, který okamžitě přeruší pojistku Po .

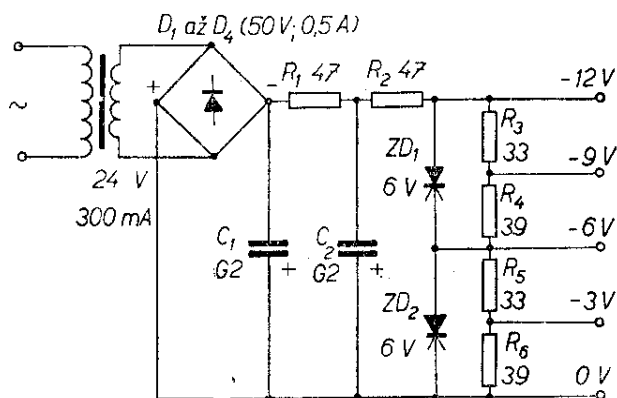
Pokud přístroj dobíjí akumulátor, svítí žárovka \checkmark . Žárovka je řízena tranzistorem T_4 , jenž pracuje pouze tehdy, je-li otevřen tranzistor T_3 .

Síťový transformátor: jádro M65/27, L_1 má 1 600 závitů drátu o \varnothing 0,22 mm CuP, cívka L_2 má 2×150 závitů drátu o \varnothing 0,6 mm CuP. Obě vinutí jsou dobře izolována několika vrstvami olejového papíru.

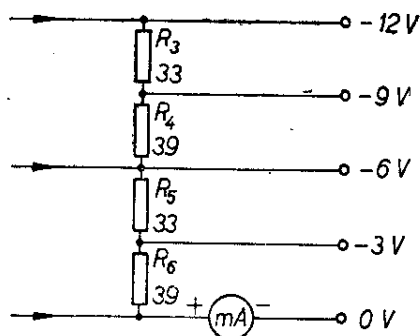
Typische Schaltungen mit Intermetall Halbleiterbauelementen, 1968.

Jednoduchý zdroj konstantních napětí

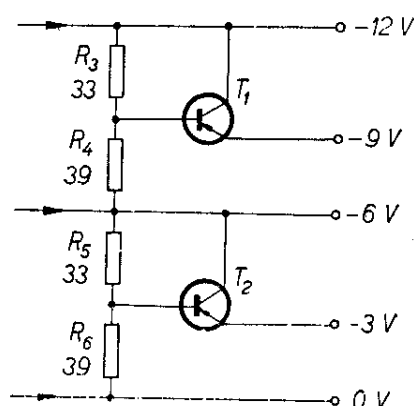
K opravám tranzistorových přijímačů i k vývoji různých jiných zařízení s tranzistory slouží zdroj konstantních napětí



Obr. 28. Jednoduchý zdroj konstantních napětí



Obr. 29. Připojení miliampérmetru ke zdroji z obr. 28



Obr. 30. Zmenšení výstupního odporu zdroje pro výstupní napětí 3 a 9 V tranzistorem

na obr. 28. Jde o jednoduché zapojení s běžnými Zenerovými diodami pro odběr proudu do 40 až 50 mA, na němž jsou aplikovány některé poznatky, jež jsme si probírali hned v úvodu této kapitoly o napájecích zdrojích.

Zenerovy diody a děliče výstupního napětí jsou navrženy tak, aby zdroj dodával nejpoužívanější napětí, 3, 6, 9 a 12 V. Změnou odporů v děličích lze samozřejmě nastavit i jiná výstupní napětí.

Napětí ze sekundárního vinutí transformátoru (24 V, 300 mA) se usměrňuje Graetzovým usměrňovačem ze čtyř polovodičových diod pro proud 0,5 A a napětí 50 V, tj. např. diod řady KY, popř. NP75. Zenerovy diody jsou se Zenerovým napětím 6 až 6,3 V, tj. např. 2NZ70 nebo KZ703. Ke zdroji není třeba používat voltmetr, napětí na výstupu jsou jednou provždy dána použitými Zenerovými diodami a odpory v děličích. Je však vhodné vestavět do zdroje miliampérmetr ke kontrole odebíraného proudu (obr. 29).

Větší výstupní odpor (asi 20 Ω) přípojných bodů pro napětí 3 a 9 V se podstatně zmenší zapojením podle obr. 30. Lze použít jakýkoli výkonový tranzistor (např. OC30, kterýkoli z řady NU73, NU74 apod.). Bez tranzistorů je při odběru kolem 50 mA úbytek napětí na odporech děliče takový, že výstupní napětí na výstupu 3 V je asi něco přes 2 V a na výstupu pro 9 V asi 8 V.

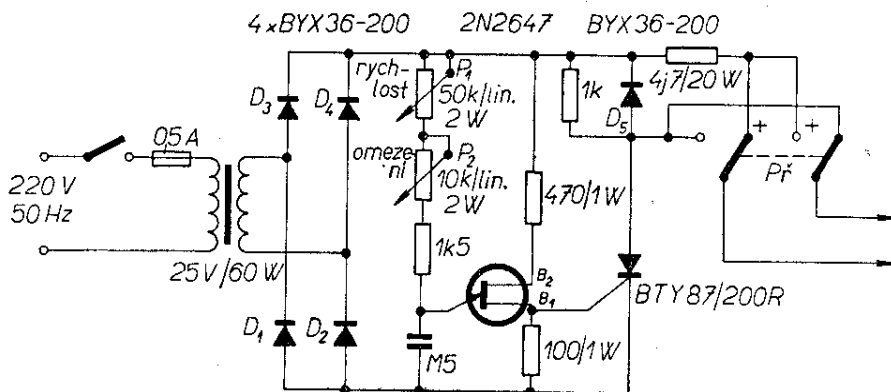
Společný vývod zdroje je kladným pólem napájecího napětí. Zvlnění výstupního napětí je v uvedeném rozsahu odebíraných proudů při odběru ze zdírek pro 3 a 6 V asi 1 mV, pro 9 V 3 mV a pro 12 V 6 mV.

Radio-Electronics č. 5/66.

Zdroj pro elektrické vláčky

Před časem na jedné z výstav nových elektronických prvků vystavoval VÚST A. S. Popova kromě jiného také tzv. unijunction transistor (UJT) vlastní výroby, což doslovně přeloženo znamená tranzistor s jedním přechodem. Použití tohoto tranzistoru se v zahraničí rozšířilo v poslední době v různých obvodech;

Obr. 31. Zdroj pro napájení elektrických vláček s tranzistorem s jedním přechodem (UJT)



tranzistor slouží např. i jako řídicí prvek pro spínání tyristorů apod. Protože je naděje, že tento druh tranzistoru obohatí i náš trh polovodičových součástek, přináším jako ukázkou jeho použití zařízení pro napájení elektrických modelových vláček (obr. 31).

V zapojení se používá UJT firmy SESCO typu 2N2647 nebo 2N2646. Tento prvek slouží jako relaxátor, jehož pulsy ovládají otevírání a zavírání tyristoru BTY87/200R. Kmitočet a délka ovládacích pulsů se řídí potenciometry, zapojenými v obvodu „báze“*) tranzistoru UJT.

Potenciometr P_1 je určen k plynulému řízení rychlosti vláčku, potenciometrem P_2 , označeným „omezení“ se nastavuje jednou provždy maximální rychlost, při níž ještě vlak v zatáčkách pevně „sedí“ na kolejích. Přepínač P_3 slouží k přeměně polarity napájecího napětí, tedy ke změně pohybu vpřed-vzad. Odpor $4,7 \Omega$ je zařazen do kladné větve napájecího napětí k ochraně zařízení při zkratech na kolejišti. Maximální proud při zkratech na výstupu je asi 1 až 1,5 A.

Le haut-parleur, květen 1968.

Jednočinný měnič pro blesk

Na obr. 32 je zapojení jednočinného měniče pro elektronický blesk. Tento měnič je velmi výhodný především tím, že i při použití kondenzátoru s velmi malou kapacitou v sérii s vinutím L_3 se měnič rozkmitá okamžitě, i když na jeho výstupu je zábleskový kondenzátor $400 \mu\text{F}$ zcela vybit, tzn. např. při začátku fotografování.

Po připojení napájecího zdroje kmitá měnič nejprve naprázdno (volně) a to až do té doby, dokud se nenasytí jádro transformátoru. Pak se začne nabíjet zábleskový kondenzátor a to zhruba podle parabolického průběhu, tj. nabíjecí křivka se blíží parabole. Výkon i příkon měniče se zhruba sobě blíží.

Jako zdroj referenčního napětí je v tomto zapojení použita doutnavka – rozdíl mezi jejím zapalovacím napětím a napětím při hoření určuje hysterézi

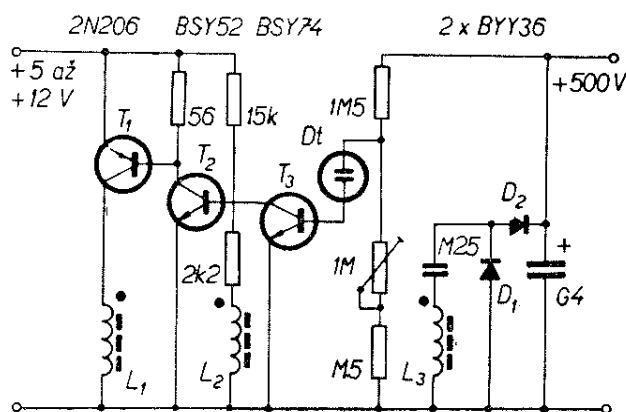
mezi vypínáním a zapínáním měniče. Doutnavka začne hořet, dosáhne-li výstupní napětí žádané velikosti. Velikost výstupního napětí lze měnit odporovým trimrem $1 \text{ M}\Omega$. Po zapálení doutnavky vede budicí tranzistor T_3 a přeruší činnost měniče. Měnič se znovu rozkmitá teprve tehdy, až zábleskový kondenzátor buď zábleskem nebo ztrátami v izolaci a proudem doutnavkou zmenší svoje jmenovité napětí z původní velikosti asi o 98 %, tj. z původních např. 500 V na 10 V.

V době, kdy je zábleskový kondenzátor nabit, neustále se dobíjí krátkými napětovými pulsy, trvajícími zlomky vteřiny (asi jednou za 10 až 20 s).

Nabíjecí doba kondenzátoru $100 \mu\text{F}$ na napětí 500 V je při napětí baterie 5 V asi 18 vteřin, při napětí baterie 12 V asi 5 vteřin. Jako doutnavka je vhodný jakýkoli typ se zapalovacím napětím asi 150 V. Její minimální proud při zapálení by měl být co největší.

Transformátor je na feritovém jádru EE42 se vzduchovou mezerou 0,5 mm. Vinutí L_1 má 44 závitů drátu o $\varnothing 1 \text{ mm}$, vinutí L_2 20 závitů drátu o $\varnothing 0,2 \text{ mm}$ a vinutí L_3 1320 závitů drátu o $\varnothing 0,2 \text{ mm}$.

Das elektron international, č. 22 až 24/67.



Obr. 32. Jednočinný měnič pro elektronický blesk. Tranzistor T_1 2N2064A má kolektorovou ztrátu 70 W, je to germaniový spínací tranzistor, BSY52 je křemíkový tranzistor s kolektorovou ztrátou 800 mW, BSY74 je křemíkový spínací tranzistor se ztrátou 150 mW

*) Pozn. Tranzistor UJT je vlastně dioda se dvěma bázemi; vývod, kreslený jako báze u běžných tranzistorů, je v tomto případě emitor tranzistoru UJT.

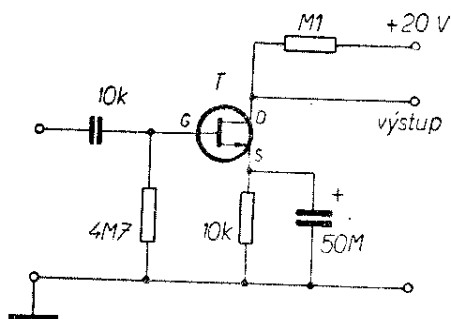
Nf technika

Nf předzesilovače s tranzistory FET

Obecně lze říci, že použití tranzistorů FET v nf předzesilovačích má jednu velkou zásadní výhodu – dovoluje jednoduchým způsobem konstruovat předzesilovače s velkým vstupním odporem. Nejjednodušší základní zapojení předzesilovače s tranzistorem FET s vodivým kanálem typu n je na obr. 33. Vstupní odpor tohoto předzesilovače je asi 4 MΩ, napěťové zesílení je podle druhu tranzistoru větší než 4. Srovnáním tohoto zapojení se společnou elektrodou se zapojením s elektronkami lze říci, že odpovídá zapojení triody s uzemněnou katodou.

Na obr. 34 je dvoustupňový nf předzesilovač s tranzistorem FET na vstupu. Toto zapojení vyniká kromě jiného i dobrou teplotní stabilitou a je navrženo tak, že při výměně tranzistorů není třeba znovu obvod nastavovat (i při výměně tranzistorů za podobné typy). Vstupní odpor lze měnit v širokých mezích změnou odporu v obvodu elektrody G.

Velmi výhodné je používat tranzistory FET v předzesilovačích pro kondenzátorové mikrofony. Na obr. 35 je zapojení úplného předzesilovače pro kondenzátorový mikrofon, který pracuje s napětím 80 V. Protože při připojení napájecího napětí pro kondenzátorový mikrofon vzniká při nabíjení vložky mikrofону napěťový impuls, který by mohl poškodit tranzistor FET, je do přívodu k hornímu pólu kondenzátorového mikrofónu a k elektrodě S tranzistoru FET zapojen



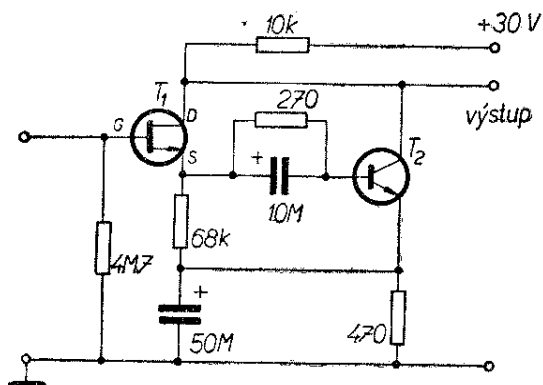
Obr. 33. Základní zapojení předzesilovače s tranzistorem FET

integrační člen RC (1,5 kΩ, 0,1 μF), jenž napěťovou špičku potlačí. Potřebný vstupní odpor obvodu R_i k připojení kondenzátorového mikrofónu lze vypočítat ze vztahu

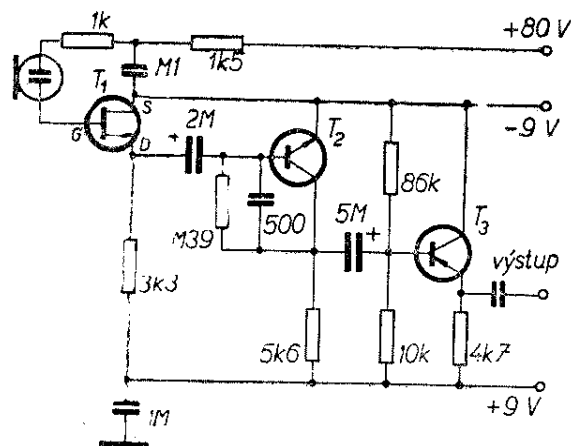
$$R_i = \frac{1}{2\pi f_d C}$$

kde f_d je dolní přenášený kmitočet a C kapacita kondenzátorové vložky mikrofónu. Protože lze u zapojení s tranzistorem FET dosáhnout vstupního odporu až kolem 100 MΩ (i většího), mohou být dolní přenášené kmitočty skutečně velmi nízké, až kolem 20 Hz. Výstupní odpor tohoto zapojení je malý, asi 4 kΩ (emitorový sledovač). Při připojování ke koncovému zesilovači není proto třeba, aby byl přívodní kabel stíněný a jeho délka může být relativně velmi značná.

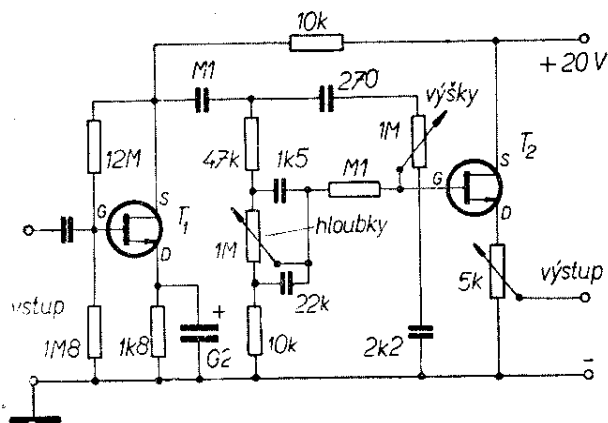
S tranzistorem FET lze výhodně konstruovat i obvody k regulaci barvy tónu,



Obr. 34. Dvoustupňový nf předzesilovač



Obr. 35. Předzesilovač pro kondenzátorový mikrofon s tranzistorem FET



Obr. 36. Předzesilovač s tranzistory FET s korekčním obvodem k regulaci barvy tónu a s regulátorem hlasitosti

tzv. korekční předzesilovače. Příklad jednoduchého korekčního předzesilovače je na obr. 36. Regulace hloubek i výšek má velký rozsah, asi ± 27 dB. Vstupní i výstupní tranzistor jsou FET s vodivým kanálem typu n (odpovídá našemu MOS-FET typu KF520). Velký vstupní odpor druhého tranzistoru dovoluje použít kondenzátory malých kapacit k získání velkého regulačního rozsahu, což je zvláště výhodné pro zařízení, v nichž je nedostatek místa pro součástky. Hloubky se řídí levým, výšky pravým potenciometrem, hlasitost lze regulovat potenciometrem v obvodu elektrody S druhého tranzistoru.

Radio, Fernsehen, Elektronik č. 2/1969.

Předzesilovač s FET pro magnetofon

Předzesilovače pro snímání záznamu u tranzistorových magnetofonů lze rozdělit na dvě hlavní skupiny – předzesilovače s velkou a malou vstupní impedancí. Typ s velkou vstupní impedancí zesiluje napětí z magnetofonové hlavy. K získání velké vstupní impedance (mnohem větší než jakou má snímací hlava) se používají různé zpětné vazby. Zpětné vazby současně vhodně vyrovnávají zesílení při různých kmitočtech signálu; v jiných případech se k vyrovnání zesílení používají různé pasivní korektory, připojené na výstup předzesilovače.

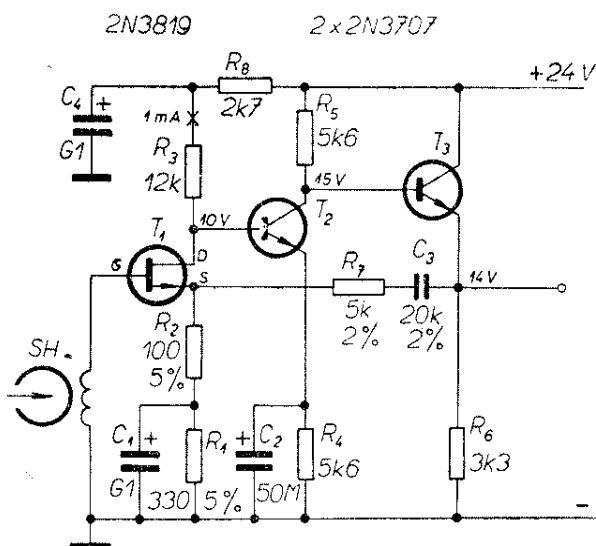
Typ s malou vstupní impedancí využívá k zesilování snímaného signálu

proud snímací hlavou. Tento typ zesilovače samočinně vyrovnává zesílení v oblasti nízkých kmitočtů, zatímco pro oblast vysokých kmitočtů jsou zaváděny opět různé zpětné vazby.

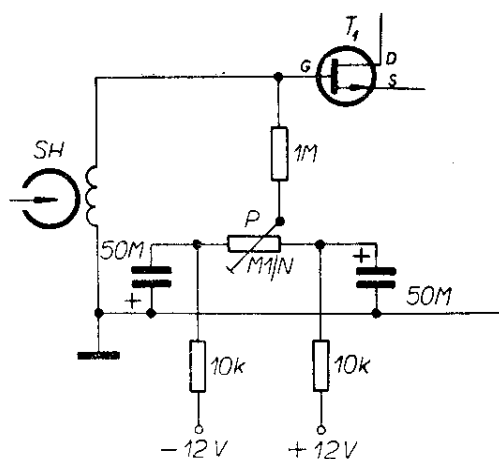
Oba dva druhy zesilovačů mají společnou „vadu“: signál z hlavy se musí přivést na vstup zesilovačů přes kondenzátor, aby se oddělilo předpětí nutné k činnosti vstupního tranzistoru od hlavy. Při zapnutí nebo vypnutí zesilovače pak dochází k tomu, že magnetofonovou hlavou protéká v těchto okamžicích magnetizační proud řádu stovek mikroampér, jenž zvětšuje její zbytkový magnetismus, což je u snímací hlavy nežádoucí.

K odstranění uvedených nesnází slouží zapojení na obr. 37. Vstupní tranzistor FET nepotřebuje oddělovací kondenzátor, neboť proud elektrodou G je zanedbatelně malý (řádu nanoampér); snímací hlavu je tedy možno připojit přímo do obvodu elektrody G, neboť tak malý proud nepůsobí stejnosměrnou magnetizaci hlavy. Snímací hlava má tedy vlastně stejný potenciál na obou vývodech cívky, což je velmi výhodné jak z hlediska šumových, tak i z hlediska kmitočtových vlastností zesilovaného signálu.

Vstupní tranzistor FET s vodivým kanálem typu n v zapojení se společnou



Obr. 37. Zesilovač pro magnetofon s tranzistorem FET



Obr. 38. Úprava zapojení z obr. 37 ke zmenšení šumu

elektrodou S je typu 2N3819 a je připojen na bipolární tranzistor v zapojení se společným emitorem. Tranzistor T_1 má samostatné předpětí odporem R_1 , velikost tohoto odporu ovlivňuje jeho zesílení. Větev zpětné vazby s článkem R_7C_3 upravuje kmitočtovou charakteristiku podle křivky, předepsané normou. Jestliže se předzesilovač používá ve spojení se snímací hlavou střední impedance, je hladina šumu 60 dB pod úrovní nahraného signálu na pásku, jenž má zkreslení 3 %.

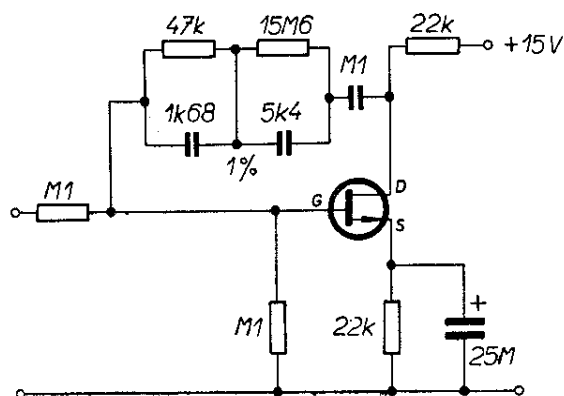
Proud magnetofonovou snímací hlavou v žádném případě není větší než $1 \mu A$ a nezvětšuje tedy základní šum pásky; pro velmi jakostní reprodukci lze uvedený obvod upravit podle obr. 38 – ke zmenšení šumu se proud magnetofonovou snímací hlavou řídí potenciometrem P v rozmezí $\pm 12 \mu A$.

Wireless World 73, č. 9/1967

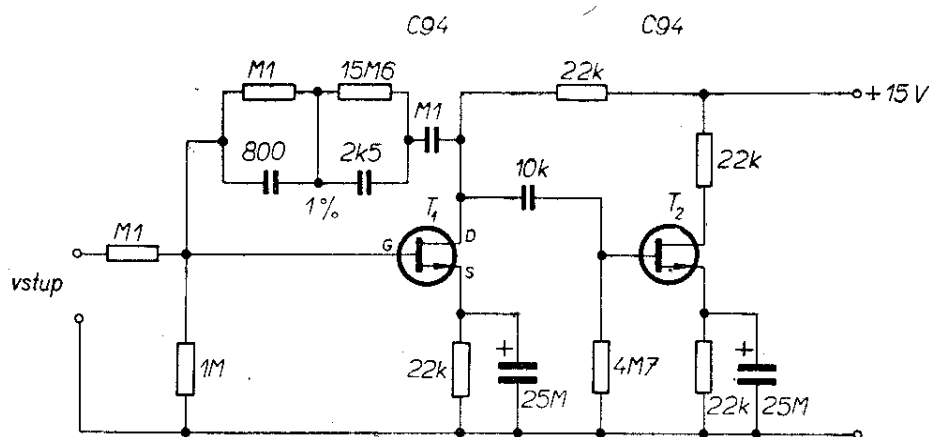
Jednoduchý předzesilovač pro gramofon

Moderní tranzistory FET mají oproti běžným bipolárním tranzistorům kromě podstatně většího vstupního odporu i menší šum. To umožňuje konstruovat s nimi i předzesilovače pro gramofony s velmi dobrými vlastnostmi.

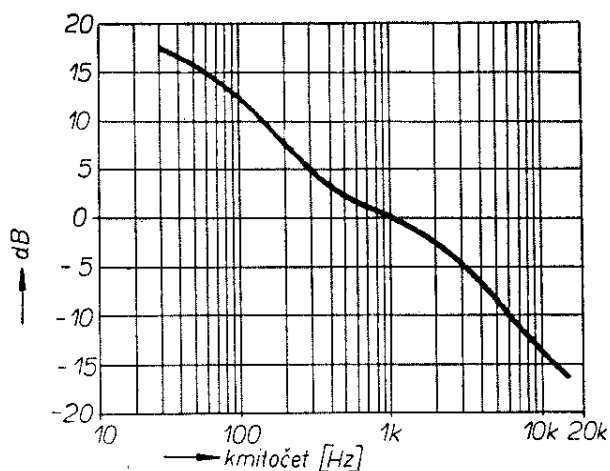
Příklad takového zapojení je na obr. 39. Ve vstupním obvodu zesilovače je zařazen korekční obvod, jenž upravuje kmitočtovou charakteristiku zesilovače tak, aby byla inverzní k nahrávací charakteristice (tzv. křivka R.I.A.A.), kterou používá při nahrávání asi od roku 1954 většina gramofonových společností. Uvedené zapojení zaručuje zachování maximální věrnosti reprodukce, neboť jeho kmitočtová charakteristika se blíží ideální charakteristice pro snímání v rozsahu 50 Hz až 15 kHz (v rozmezí ± 1 dB). K dostatečnému vybuzení běžných výkonových zesi-



Obr. 40. Úprava zapojení z obr. 39 pro vložky s impedancí řádu 100 k Ω



Obr. 39. Jednoduchý předzesilovač pro gramofon

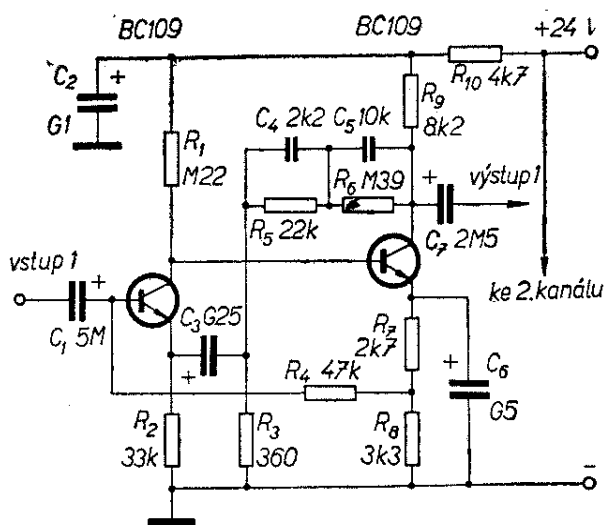


Obr. 41. Kmitočtová charakteristika předzesilovače z obr. 39

lovačů signálem z běžných přenosů byl přidán ještě druhý zesilovací stupeň, takže celý dvoustupňový zesilovač při vstupním napětí 15 mV dává na výstupu asi 195 mV (na kmitočtu 1 kHz). Zisk zesilovače je tedy asi 13.

Pro přenoskové vložky s impedancí řádu 100 k Ω slouží zapojení na obr. 40. Změna v zapojení je minimální – odpor v obvodu elektrody G se zmenšil na 100 k Ω a je upraven korekční obvod. Celkové výsledky dosažené při měření tohoto zesilovače jsou stejné jako u zapojení na obr. 39. Kmitočtová charakteristika je na obr. 41 (je inverzní k nahrávací charakteristice).

Wireless World 74, č. 1390, duben 1968.



Obr. 42. Stereofonní předzesilovač pro magnetickou přenosku

Korekční předzesilovač pro magnetickou přenosku

Stereofonní předzesilovač pro magnetickou přenosku s běžnými křemíkovými tranzistory je na obr. 42. Napájí se napětím 24 V, odběr proudu je asi 0,2 mA. Vstupní napětí 4,5 mV (signál o kmitočtu 1 kHz) dá na výstupu napětí 400 mV. Vstupní odpor předzesilovače je 47 k Ω . Oba tranzistory každého kanálu jsou zapojeny se společným emitorem, vstupní odpor určuje velikost odporu R_4 mezi bází prvního tranzistoru a emitorovým obvodem druhého tranzistoru. Kondenzátor C_3 odděluje tranzistor T_1 od obvodu kmitočtově závislého článku C_4 , C_5 , R_5 , R_6 .

Kmitočtová charakteristika předzesilovače je opět stejná jako u předchozího zapojení, tj. souhlasí s křivkou na obr. 41.

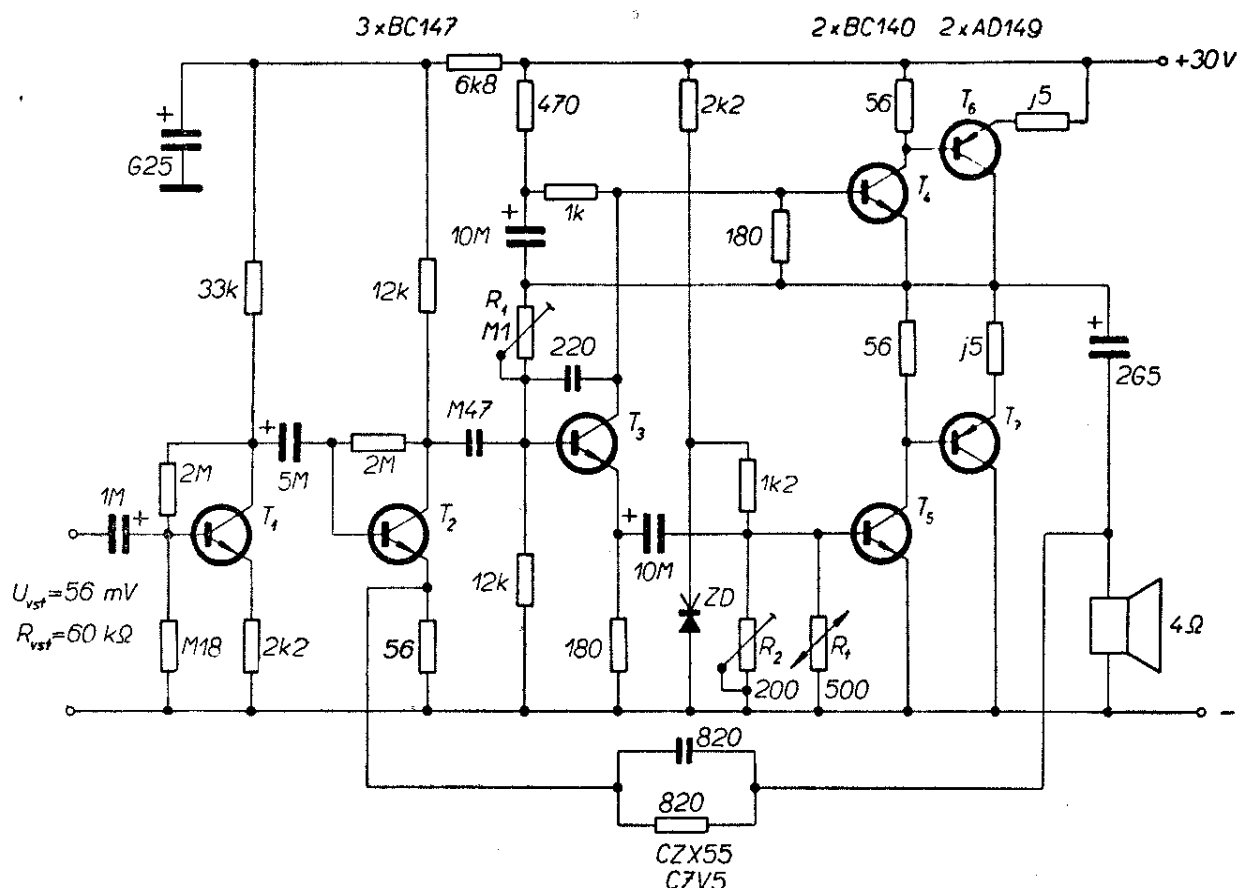
Tranzistory BC109 lze nahradit některým typem z řady KC (Tesla) s minimálním šumem bez změny součástek.

Funktechnik č. 8/1968

Nf zesilovač 20 W bez doplňkových tranzistorů

Zajímavé zapojení nf zesilovače bez transformátorů a bez doplňkových tranzistorů je na obr. 43. V zesilovači jsou použity křemíkové tranzistory n-p-n, pouze koncové tranzistory T_4 a T_5 jsou germaniové, opačné vodivosti, p-n-p. Fáze posunutý signál k buzení koncových tranzistorů ve dvojčinném zapojení se získává na emitorovém a kolektorovém odporu tranzistoru T_3 . Odpojem R_1 , popř. jeho změnou se nastavuje správné střední napětí U_s dvojice budících a koncových tranzistorů. V tomto uspořádání je zaručeno, že se při změnách napájecího napětí příslušně upraví klidový proud koncového stupně; např. při změně napájecího napětí z 25 na 35 V se samočinně změní klidový proud koncového stupně pouze asi o 30 %. Ve stejném poměru se změní i střední napětí U_s .

Klidový proud koncového stupně závisí na napětí U_{BE} tranzistoru T_5 , proto je jeho velikost stabilizována termistorem a Zenerovou diodou. Ze stejných důvodů je bazový dělič tohoto tranzistoru složen



Obr. 43. Nf zesilovač 20 W. Tranzistory BS147 jsou křemíkové tranzistory malého výkonu s malým šumem (odpovídají našim tranzistorům řady KC), BC140 jsou křemíkové tranzistory s kolektorovou ztrátou 3 W, AD149 je germaniový nf tranzistor se ztrátou 30 W

z malých odporů (na malých odporech je i při vybuzení malý úbytek napětí). Tranzistor T_5 je spolu s diodou na chladiči s teplotním odporem menším než 45°C/W .

Zesilovač se napájí napětím 30 V, pro maximální výkon je spotřeba proudu 1 A, vstupní napětí pro maximální výkon je 56 mV, vstupní odpor 60 kΩ, výstupní výkon (při zkreslení 1 %) je 20 W, zatěžovací impedance 4 Ω. Zesilovač má kmitočtovou charakteristiku rovnou v rozsahu 20 Hz až 20 kHz (± 1 dB). Odstup cizích napětí při výstupním výkonu 100 mW a při vnitřním odporu zdroje signálu 10 kΩ je 56 dB.

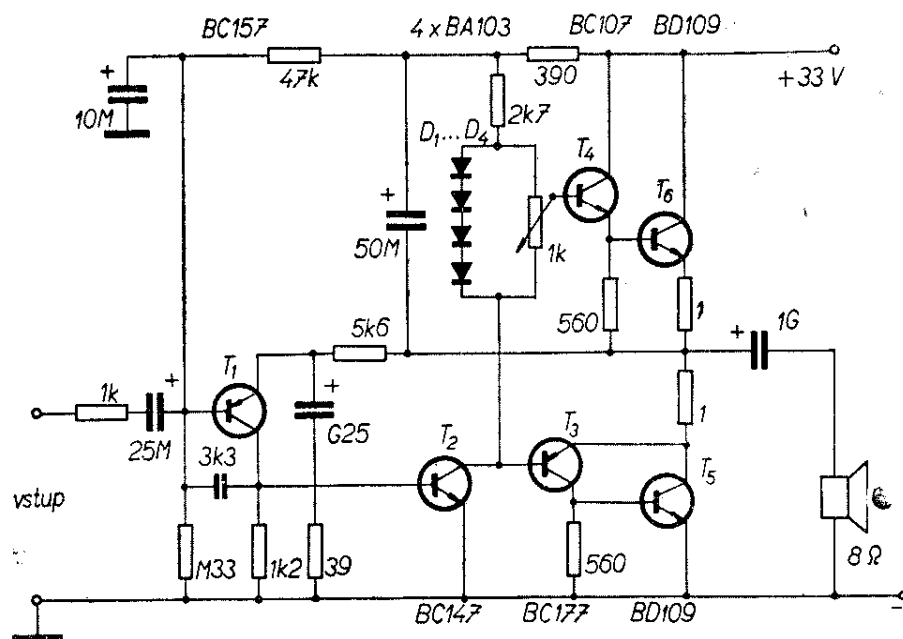
Při přenosu signálu s kmitočty nad 10 000 Hz se zvětšuje ztráta koncového stupně, zvláště při přebuzení. Při 19 kHz je třeba zesilovač budit pouze 75 % budicího napětí vzhledem k velikosti budicího napětí při kmitočtech do 15 kHz.

Siemens Halbleiterschaltungen 1968

Zesilovač Hi-Fi 12W

Nf zesilovač na obr. 44 má všechny vlastnosti odpovídající západoněmecké normě DIN 45 500 pro přístroje Hi-Fi. Je osazen pouze křemíkovými tranzistory. Vstupní odpor je asi 100 kΩ, vstupní napětí pro maximální výkon je 87 mV, výstupní výkon při zkreslení 1 % 12,5 W, při zkreslení 10 % až 15 W. Zatěžovací impedance je 8 Ω, napájecí napětí 33 V, proud při plném vybuzení 0,6 A, klidový proud 25 mA. Kmitočtová charakteristika je rovná v mezích ± 3 dB pro signál o kmitočtu 27 Hz až 47 kHz. Odstup cizích napětí při výstupním výkonu 50 mW a vnitřním odporu zdroje signálu je lepší než 50 dB. Výkonové zesílení je 84 dB.

Zesilovač je za provozu velmi stabilní, neboť ani při vysokých kmitočtech se ztráta koncových tranzistorů podstatně nezvětší. Pro stabilizaci klidového proudu se používají čtyři křemíkové diody v sérii;



Obr. 44. Zesilovač Hi-Fi 12 W. Zesilovač je osazen křemíkovými tranzistory a diodami

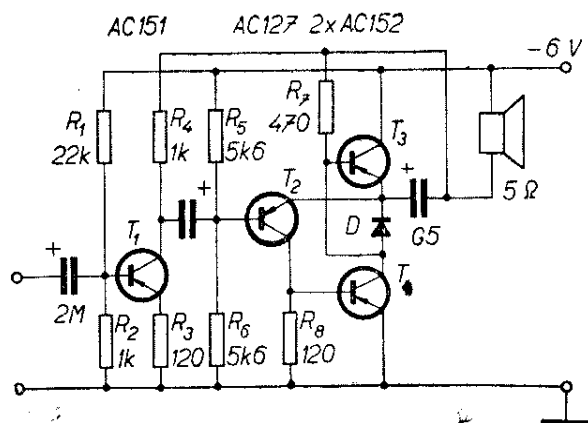
diody jsou připevněny na chladič koncových tranzistorů. Každý koncový tranzistor je na chladiči o teplotním odporu menším než 25 °C/W.

Siemens Halbleiterschaltungen 1968

Jednoduchý nf zesilovač

Jednoduchý nf zesilovač s výstupním výkonem asi 250 mW a s dobrými vlastnostmi je na obr. 45. Při výstupním výkonu 220 mW má zesilovač na kmitočtu 1 000 Hz zkreslení 0,3 %. Zesilovač se napájí napětím 6 V, klidový proud je kolem 10 mA, proud při plném vybuzení 80 mA.

Zajímavé je zapojení vstupního tranzistoru. Tranzistor se napájí přes odpor



Obr. 45. Jednoduchý nf zesilovač 250 mW (vazební kondenzátor mezi T_1 a T_3 je 10 μ M)

R_4 ze společného bodu záporného pólu kondenzátoru C_3 a jednoho vývodu reproduktoru, čímž vzniká v zapojení napěťová záporná zpětná vazba, která zmenšuje vliv oddělovacího kondenzátoru C_3 na přenos nízkých kmitočtů. Odporů bázevého děliče tranzistoru T_2 jsou voleny tak, aby na emitoru T_2 bylo přesně poloviční napětí zdroje. I v tomto druhém zesilovacím stupni je zavedena záporná zpětná vazba (proudová) – emitor je napájen přes paralelně zapojené odpory R_7 , odpor diody a vnitřní odpor tranzistoru T_3 .

Dvojice koncových tranzistorů pracuje tak, že při záporné půlvlně signálu se otvírá tranzistor T_4 , který za klidového stavu nevede. Napětí, vznikající v tomto okamžiku na odporu diody (jež je zapojena mezi emitor a bázi T_3) zavírá tranzistor T_3 . Při kladné půlvlně signálu se zavírá tranzistor T_4 a zesiluje tranzistor T_3 . Zesílený signál se přes oddělovací kondenzátor C_3 vede na reproduktor.

Někdy se může stát, že se při nevhodné náhradě prvního tranzistoru může zvětšit zkreslení zesilovače. V takovém případě stačí paralelně k emitorovému odporu R_3 připojit elektrolytický kondenzátor o kapacitě asi 10 až 20 μ F, čímž se poněkud zmenší zesílení, ale také se zmenší zkreslení.

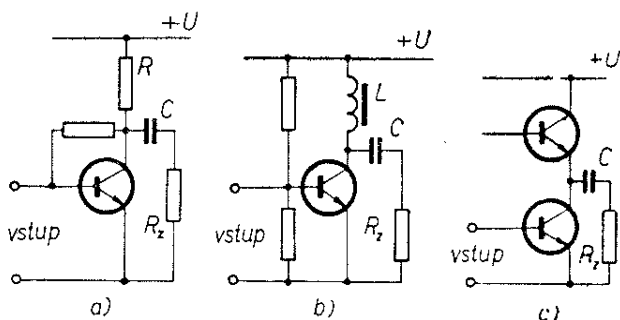
Rádiotechnika č. 1/1969

Nf zesilovač třídy A

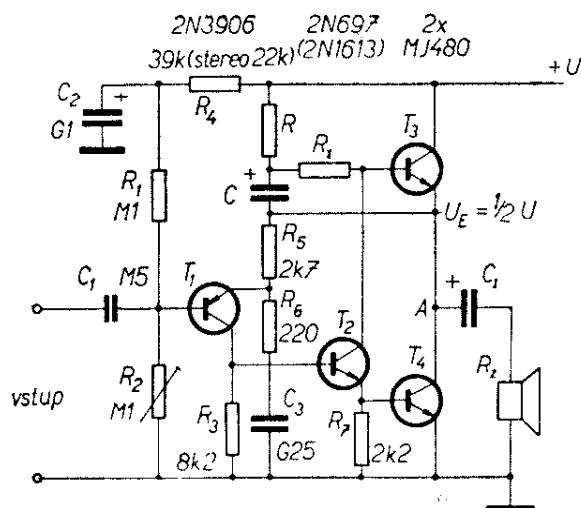
Nesporné výhody zesilovačů třídy A (především velmi malé harmonické zkreslení i když za cenu menší účinnosti oproti zapojení ve třídě B nebo AB) vedly ke konstrukci nf zesilovačů, které měly velmi dobré vlastnosti – ovšem bylo třeba použít výstupní transformátor nebo reproduktor s extrémně velkou impedancí (až asi 800 Ω). Tranzistory však umožňují zkonstruovat zesilovač třídy A bez výstupního transformátoru a s běžnými reproduktory.

Základní zapojení zesilovače třídy A je na obr. 46a, b a c. Zapojení podle obr. 46a má velmi malou účinnost, asi kolem 12 %. Použití tlumivky v kolektorovém obvodu (obr. 46b) dává lepší účinnost, tlumivka je však rozměrná a poměrně drahá součástka. Jeví se tedy účelným použít jako pracovní odpor koncového tranzistoru další tranzistor, obr. 46c. Toto zapojení splňuje také jednu z nejdůležitějších podmínek pro zesilovač s malým zkreslením – základní linearita zesilovače musí být dobrá i bez použití jakékoli zpětné vazby. Dále zapojení umožňuje, aby tranzistor budícího stupně pracoval za podmínek, jež vyžaduje malé harmonické zkreslení – malá výstupní impedance, velká vstupní impedance.

Praktické zapojení zesilovače je na obr. 47. V zesilovači jsou použity křemíkové tranzistory n-p-n, kromě T_1 , jenž je typu p-n-p. V zapojení je nutné pro správnou činnost dodržet zásadu, že napětí U_E musí být poloviční proti napětí U ; dosáhne se toho případnou změnou odporu R_2 , 100 k Ω . Odpor R_1 spolu s odporem R řídí proud kolektoru T_3 . V některých případech je výhodné nastavit správné



Obr. 46. Základní zapojení nf zesilovače třídy A

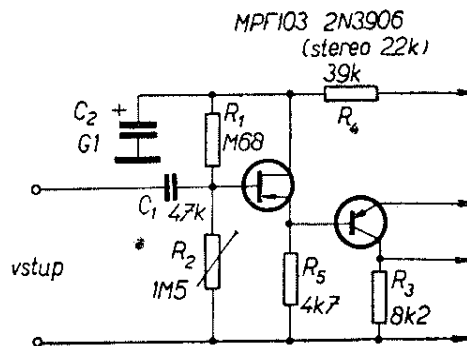


Obr. 47. Zesilovač třídy A s výstupním výkonem přes 10 W. T_1 je křemíkový tranzistor malého výkonu s malým šumem, T_2 lze nahradit např. i tranzistorem BSY44 (křemíkový tranzistor s kolektorovou ztrátou 800 mW, se zesilovacím činitelem až 150), T_3 a T_4 jsou křemíkové 100 W tranzistory Mullard (náhrada 2SO34, Texas Instruments)

napětí U_E i malou změnou odporů děliče R_5, R_6 .

Zesilovač má zisk 13 dB v kmitočtovém pásmu 40 Hz až 95 kHz. Zkreslení, které se lineárně zmenšuje se zvětšujícím se výstupním napětím, je v pásmu 50 Hz až 20 kHz menší než 0,05 %. Celkové harmonické zkreslení je největší při výstupním výkonu přes 10 W; při kmitočtu 1 kHz je při 10 W asi 0,075 %, při 10,5 W asi 0,1 %.

Jako zatěžovací impedance může být použita soustava reproduktorů nebo reproduktor s impedancí 3 až 15 Ω (s malými změnami součástek). Jednoduchým vý-



Obr. 48. Předzesilovač pro zapojení na obr. 47

počtem lze zjistit, že pro výkon 10 W na zátěži $15\ \Omega$ je třeba špičkové napětí 34,8 V; zdroj musí tedy dodávat napětí nejméně 36 V. Přehledně jsou změny součástek a potřebná napájecí napětí a proudy pro různé zatěžovací odpory uvedeny v tabulce (U_{vst} je vstupní napětí pro výstupní výkon 10 W).

| R_z [Ω] | U [V] | I [A] | R [Ω] | R_I [Ω] | C [μF] | C_I [μF] | U_{vst} [mV] |
|-----------------------|------------|------------|---------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
| 3 | 17 | 2 | 47 | 180 | 500/25 V | 5 000/25 V | 4 100 |
| 8 | 27 | 1,2 | 100 | 560 | 250/40 V | 2 500/50 V | 660 |
| 15 | 36 | 0,9 | 150 | 1k2 | 250/40 V | 2 500/50 V | 90 |

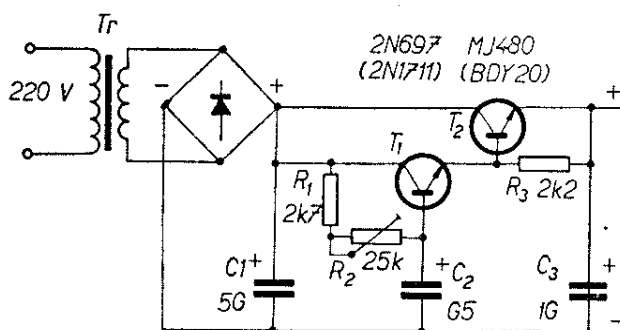
Vzhledem k tomu, že oba koncové tranzistory pracují se stálou ztrátou asi 17 W, je třeba postarat se o jejich dokonalé chlazení. To je jediná nevýhoda zapojení zesilovače ve třídě A.

Jestliže je výstupní impedance předzesilovače větší než několik tisíc ohmů, je vhodné upravit vstupní obvod koncového zesilovače podle obr. 48. Použití takto zapojeného předzesilovače však zvětší harmonické zkreslení asi na 0,12 %.

Zapojení umožňuje též poměrně široký výběr tranzistorů pro jednotlivé stupně bez narušení činnosti a změny dobrých vlastností zesilovače. Nejlepší výsledky dává použití křemíkových planárních tranzistorů. Nejdůležitější je však výběr koncových tranzistorů – není sice třeba, aby byly párovány, přesto se však ukázalo, že nejmenšího zkreslení se dosáhne tehdy, mají-li tyto tranzistory pokud

možno stejný proudový zesilovací činitel. Mají-li koncové tranzistory nestejný zesilovací činitel, je vždy lepší, použije-li se tranzistor s větším zesílením na místě T_4 .

K napájení zesilovače slouží stabilizovaný řízený zdroj podle obr. 49. Pro různé varianty zesilovače (podle zatěžovací impedance) jsou požadavky na zdroj pře-

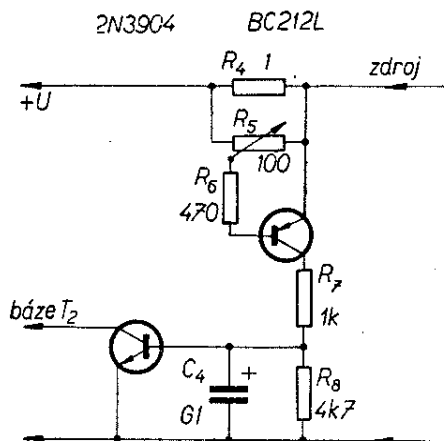


Obr. 49. Napáječ pro zesilovač na obr. 47

hledně uvedeny v tabulce. (Údaj $2 \times 15\ \Omega$ znamená, že zesilovač je určen pro stereofonní reprodukci s reproduktory o impedanci 15 Ω).

Jestliže pracuje zesilovač v nepříznivých podmínkách (za vysokých teplot okolí) nebo není-li možno postarat se při konstrukci o dokonalé chlazení koncové

| R_z [Ω] | I [A] | U [V] | C_1 [μF] | Tr (sek.) |
|-----------------------|------------|------------|----------------------|-------------|
| 15 | 1 | 37 | 1 000/50 V | 40 V, 1 A |
| 2×15 | 2 | 37 | 5 000/50 V | 40 V, 2 A |
| 8 | 1,25 | 27 | 2 000/40 V | 30 V, 1,5 A |
| 2×8 | 2,5 | 27 | 5 000/40 V | 30 V, 2,5 A |
| 3 | 1,9 | 18 | 5 000/30 V | 20 V, 2 A |
| 2×3 | 3,8 | 18 | 10 000/30 V | 20 V, 4 A |



dvojice tranzistorů, je výhodné zařadit do napájecího obvodu elektronickou pojistku, která ochrání koncové tranzistory před zničením; schéma pojistky je na obr. 50.

Použité tranzistory jsou výrobky firmy Motorola. Stálo by zato, vyzkoušet v zapojení naše tranzistory řady KU, které se jinak pro konstrukci dvojčinných zesilovačů třídy B a AB nehodí vzhledem ke svým nepříznivým charakteristikám (nutnost značného klidového proudu). Zesilovač je vzhledem ke své kvalitě velmi jednoduchý; zesilovač podobných vlastností v běžném zapojení by byl mnohem složitější a tím i dražší.

Wireless World 75, č. 1402, duben 1969

Nf zesilovač do auta

Zajímavý nf zesilovač pro motorová vozidla s baterií 12 V se používá ve francouzském přijímači Oceanic T220.

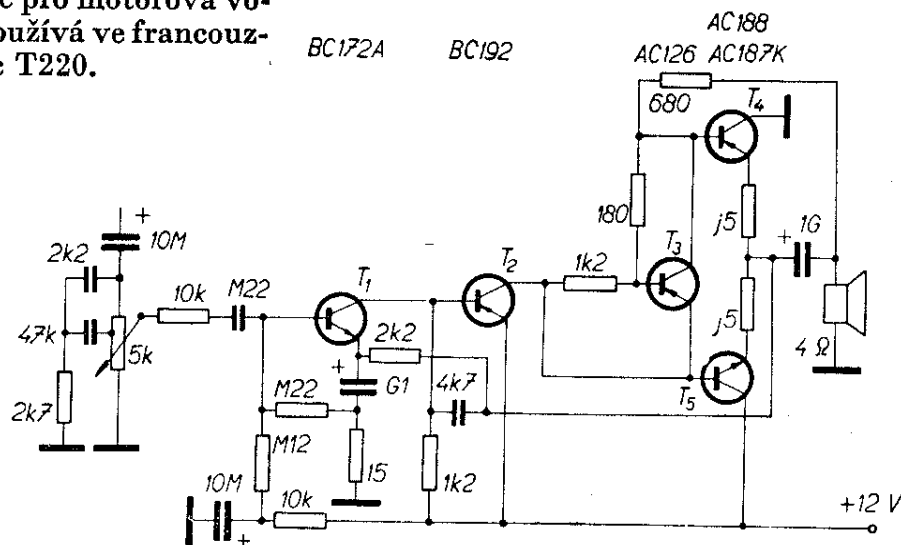
Obr. 51. Nf zesilovač pro motorová vozidla. Tranzistor BC172 odpovídá našemu KC508, BC129 nemá čs. ekvivalent, AC126 lze nahradit tranzistorem GC502, koncová dvojice odpovídá našim typům GC510 a GC520

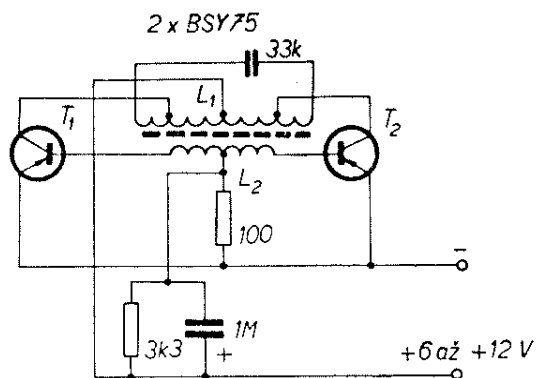
Na vstupu zesilovače (obr. 51) jsou použity křemíkové tranzistory s malým šumem a velkým zesílením, a to první n-p-n a druhý p-n-p, což umožňuje snadné zavedení různých zpětných vazeb a dobrou stabilitu prvních dvou zesilovacích stupňů. Stabilitu koncového stupně zabezpečuje tranzistor T_3 , jenž slouží vlastně jako jinak běžně používaný termistor. Toto zapojení koncového stupně zabezpečuje při své jednoduchosti dobrou teplotní stabilizaci, která je zvláště u přijímačů do auta (u nichž dochází během provozu k velkým teplotním rozdílům vzhledem k prostředí, v němž se provozují) velmi nutná.

Zajímavý je i způsob fyziologické regulace hlasitosti na vstupu zesilovače – potenciometr s odbočkou a sériový člen RC, které upravují kmitočtovou charakteristiku přiváděného signálu tak, že při malých hlasitostech reprodukce (běžec potenciometru u zemního konce) zdůrazňují okrajové kmitočty nř pásma pro zlepšení srozumitelnosti.

Poněvadž mne tento zesilovač zaujal, zkoušel jsem jej s našimi germaniovými tranzistory na zkušební desce – zapojení pracuje velmi dobře a za nepříznivých teplotních podmínek se skutečně samočinně zmenšuje výkon koncových tranzistorů, takže nemůže dojít k jejich zničení.

Firemní literatura k přijímači Oceanic T220



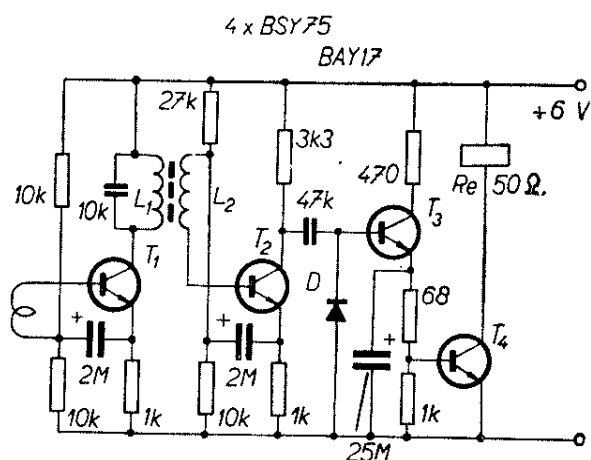


Obr. 52. Vysílač pro dálkové indukční ovládání. T_1 a T_2 jsou křemíkové tranzistory s kolektorovou ztrátou 150 mW

Vysílač a přijímač pro indukční dálkové řízení

Přístroj na obr. 52 slouží jako vysílač k soupravě pro dálkové indukční ovládání. Původně byl určen k otvírání garážových vrat. Vysílač tvoří dvojčinný oscilátor, vyrábějící signál sinusového průběhu o kmitočtu asi 9 kHz. Primární vinutí oscilátorové cívky L_1 tvoří spolu s kondenzátorem 33 nF kmitavý obvod. Aby tlumení obvodu bylo co nejmenší, jsou kolektory obou tranzistorů připojeny na odbočky vinutí. Jádrem použité cívky je z feritu a kolem něj se vytváří silné rozptylové pole. Posouváním feritové tyčky v cívce lze v malých mezích měnit kmitočet oscilátoru (změnou indukčnosti cívky).

Kondenzátor 1 μ F mezi kladným pólem napájecí baterie a středem vinutí cívky L_2 slouží k snadnějšímu rozkmitání oscilátoru.



Obr. 53. Přijímač k vysílači na obr. 52

Přístroj může být napájen libovolným napětím v mezích 6 až 12 V, odběr proudu je při 6 V asi 15 mA, při 12 V kolem 35 mA.

Používá-li se přístroj k samočinnému otvírání dveří garáže, umísťuje se buď pod anebo za přední nárazník auta tak, aby osa feritové tyčky byla kolmo k zemi. Jako přijímací „anténa“ slouží pak smyčka, vložená do příjezdové cesty ke garáži. Ve smyčce se indukuje napětí, přejede-li se přes ní vozem (a je-li samozřejmě zapnut vysílač).

Přijímač (obr. 53) zesiluje pak pouze signál, indukovaný do smyčky a zesílený signál ovládá relé, jehož kontakty zapínají otvírací mechanismus dveří. Přijímací smyčka má tři závitů drátu na průměru asi 1 m. Nejvýhodnější je použít třípramenný kabel, jehož jednotlivé prameny se postupně propojí. Aby se vyloučila nespolehlivost nebo náchylnost k různým cizím napětím, je v kolektorovém obvodu prvního tranzistoru rezonanční obvod, nalaďený na vysílací kmitočet. Za druhým stupněm zesilovače je signál usměrněn diodou a ovládá tranzistor, který pracuje v zapojení se společným kolektorem. Napětí z emitoru T_3 se po vyfiltrování přivádí na vstup koncového tranzistoru, v jehož kolektorovém obvodu je zapojeno relé. Relé sepne, je-li vysílač uveden v činnost ve vzdálenosti menší než 2 m nad přijímací smyčkou.

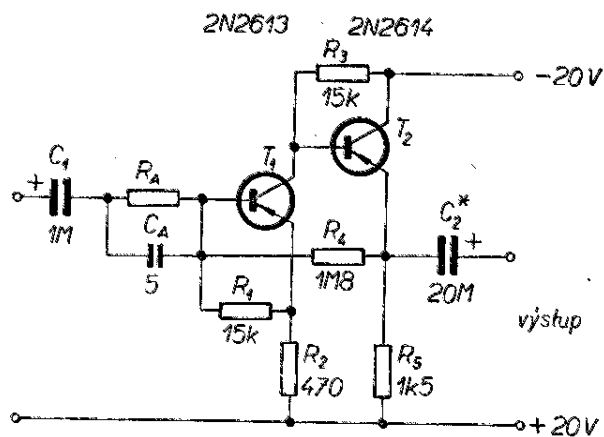
Cívky vysílače: jádro – kulaté feritové jádro o \varnothing 9,6 mm, délky 50 mm. Cívky L_1 i L_2 jsou navinuty na \varnothing 10 mm, délka vinutí je 9 mm. L_1 má 150 + 50 + 150 závitů drátu o \varnothing 0,2 mm CuP, cívka L_2 10 + 10 závitů stejného drátu.

Cívky přijímače: hrníčkové feritové jádro o \varnothing 18 mm, výška 14 mm, cívka L_1 má 420 závitů drátu o \varnothing 0,15 mm CuP, cívka L_2 má 150 závitů stejného drátu.

Typische Schaltungen mit Intermetall Halbleiterbauelementen 1968.

Tranzistorový „linkový transformátor“

Obvod se dvěma tranzistory na obr. 54 je ekvivalentní linkovému transformátoru s velkou vstupní impedancí a malou impe-



Obr. 54. Náhrada „linkového transformátoru“ (C_2 podle vstupní impedance dalšího stupně)

dancí na výstupní straně. Je však levnější než transformátor, rozměrově menší, jeho impedance převod je větší než převod běžného transformátoru a navíc zesiluje výkon. Přenosová charakteristika je lepší než 1 dB v pásmu 20 Hz až 30 000 Hz, při výstupním napětí 1 V dokonce v pásmu 10 Hz až 60 kHz. Zkreslení je extrémně malé – závisí na výstupním napětí a nastavení zisku zesilovače.

„Transformátor“ je v podstatě dvou-stupňový zesilovač. První stupeň s tranzistorem T_1 je zapojen částečně jako emitorový sledovač a částečně jako zesilovač se společným emitorem; obvod s tranzistorem T_1 má napěťové zesílení asi 15. Neblokovaný emitorový odpor dovozuje dosáhnout vstupní impedance asi 50 kΩ. Druhý stupeň je běžný emitorový sledovač s napěťovým zesílením menším než jedna.

Tranzistor T_1 má velký proudový zesilovací činitel, proto má první stupeň i při

velké záporné zpětné vazbě poměrně velké zesílení. Lze tedy v případě potřeby zapojit do série se vstupem tranzistoru odpor R_A a zvětšit tím vstupní odpor „transformátoru“. Odpor R_A a vstupní impedance tranzistoru T_1 tvoří napěťový dělič; změnou odporu lze změnit celkové zesílení tak, že bude menší než jedna. Pro zesílení rovné 1 je odpor asi 1,2 MΩ, vstupní odpor zesilovače je potom 1,25 MΩ. Zvětšováním odporu R_A však dochází k tomu, že vstupní obvod má charakter kmitočtové propusti (tlumí nízké kmitočty). Tomu se zamezí připojením kondenzátoru C_A paralelně k odporu R_A , jakmile je odpor R_A větší než asi 50 kΩ.

Výstupní obvod s tranzistorem T_2 je s prvním obvodem vázán přímo. Stejn směrná a střídavá záporná zpětná vazba (R_4) stabilizuje parametry zesilovače v širokém rozsahu při změnách teploty i změnách parametrů tranzistorů. Výstupní impedance zesilovače je velmi malá – několik ohmů.

Radio-Electronics 37, č. 4/1966

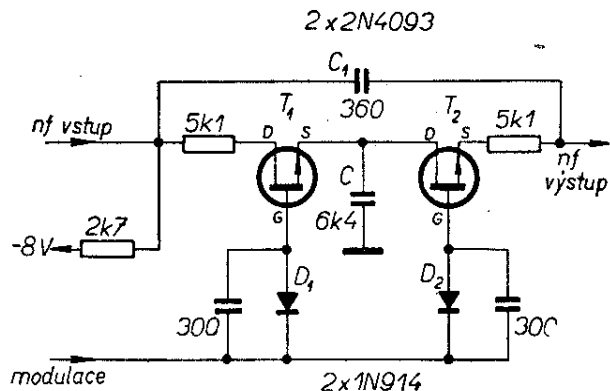
Neobvyklý laditelný stupňovitý filtr

Jednu z charakteristických vlastností tranzistorů FET je, že mohou být použity jako napěťově řízený proměnný odpor. Na obr. 55 je zapojení tranzistorů FET jako proměnných odporů v článku T pro analyzátor spektra nf kmitočtů.

Rezonanční kmitočet filtru je dán vztahem

$$f_{\text{rez}} = \sqrt{\frac{n}{2\pi RC}},$$

kde R je součet pevného odporu a odporu přechodu elektrod D a S každého z tranzistorů, C je kapacita kondenzátoru ve středu článku T a n poměr kondenzátorů C a C_1 . Poměr kapacit těchto kondenzátorů např. 18 dává celkový útlum článku 20 dB. Tranzistory FET pracují v oblasti saturace a jejich činnost se ovládá modulačním napětím o kmitočtu 100 až 500 kHz. Jsou-li ve vodivém stavu, je jejich impedance 100 Ω. Sériový odpor musí být asi padesátkrát větší, aby se zmenšily vlivy, vyvolané změnami parametrů tranzistorů



Obr. 55. Laditelný filtr s tranzistory FET

za provozu. V analyzátoru spektra, v němž byl popsán obvod použit, byl efektivní odpor každé větve článku T (v závislosti na modulačním signálu) jedna až dvacet.

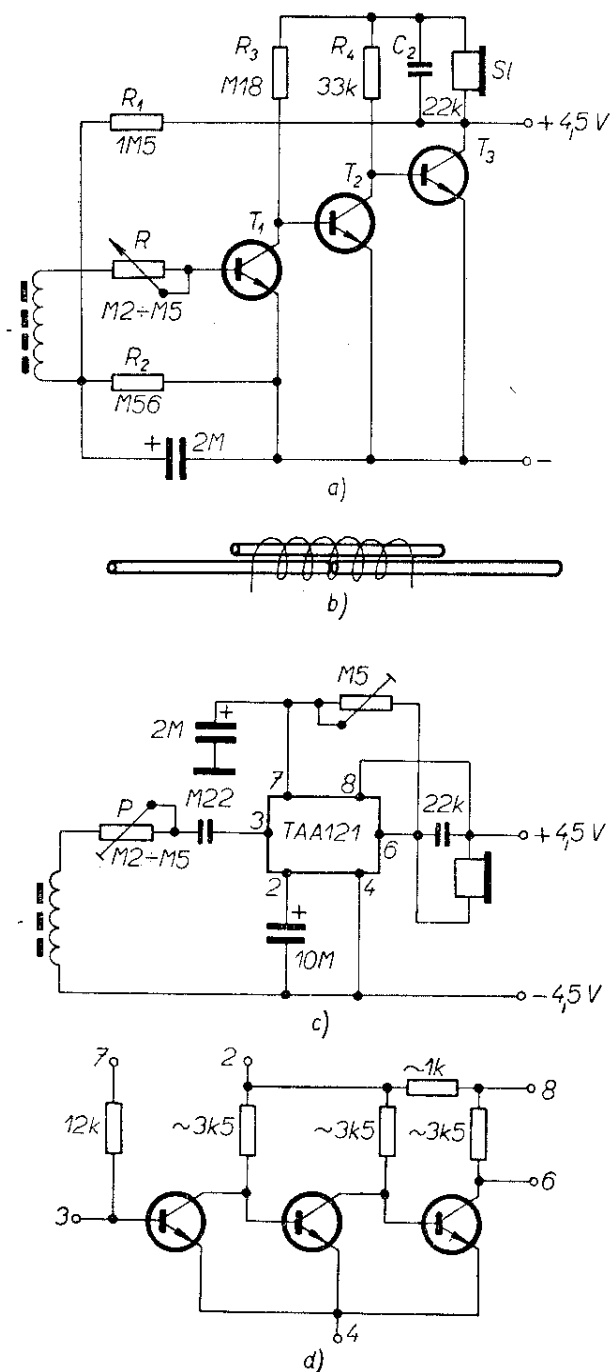
Electronic Engineering č. 7/1968

Příposlech na feritovou anténu

Bezdrátový přenos nf signálu umožňuje zapojení na obr. 56a, b, c. Zařízení lze využít k osobnímu poslechu např. televize na sluchátka nebo i jiným účelům. Jako „vysílač“ nf signálu slouží vodič natažený ve tvaru smyčky okolo místnosti, v níž chceme tichý poslech uskutečnit. Vodič se oběma svými konci připojí místo reproduktoru na výstup nf zesilovače.

Jestliže není možné např. z estetických důvodů použít drátovou smyčku, použijeme tři kulaté feritové antény, uspořádané podle obr. 56b. Přes střed takto uspořádaných feritových tyček se navine cívka. Cívka je široká asi 15 cm a tvoří ji 50 až 100 závitů drátu o \varnothing 0,8 mm. Impedance této „vysílací antény“ nf signálu odpovídá impedanci reproduktoru asi 2,5 Ω . Jestliže reproduktor, připojený na výstup nf zesilovače má větší impedanci, je třeba zvětšit počet závitů a zmenšit průřez drátu „vysílací antény“. Hodnoty cívky nejsou kritické, nejlépe je postavit nejdříve přijímač a pak podle hlasitosti příjmu upravit „vysílací anténu“.

Pro příjem signálu sloužila ve vzorku feritová anténa délky 25 mm a tloušťky 4 mm, neboť záleželo na miniaturizaci celého přijímače. Na feritové tyčce byla navinuta cívka z drátu asi o \varnothing 0,07 mm, která měla přibližně 5 000 závitů. Feritová anténa přijímače je připojena v sérii s potenciometrem hlasitosti na vstup třítranzistorového zesilovače (obr. 56a) nebo zesilovače s integrovaným obvodem TAA121 (obr. 56c). V originálu byly pro zesilovač použity tři tranzistory BC148, BC168 i BC172 se stejným výsledkem (jsou to křemíkové planární tranzistory, odpovídající asi našim tranzistorům řady KC). Sluchátka pro příjem zesíleného signálu musí mít asi 100 až 4 000 Ω , čím větší impedanci mají, tím lépe. Při použití



Obr. 56. Přijímač pro bezdrátový přenos nf signálu (a), uspořádání vysílací antény ze tří feritových tyček (b), přijímač s integrovaným obvodem (c), zapojení integrovaného obvodu TAA121 (d)

feritové „vysílací antény“ a popsaného přijímače je příjem signálu možný až do vzdálenosti asi 5 m od „vysílače“. Je ovšem třeba, aby osy obou antén (přijímací i vysílací) byly vzájemně rovnoběžné.

Funktechnik č. 6/1968

Jednoduchý nf zesilovač 1,5 W

Prakticky stejnou koncepci jako zesilovač do auta na obr. 51 má i zesilovač na obr. 57; zesilovač na obr. 57 je však určen pro napájení 9 V, do kabelkových přijímačů, magnetofonů apod. Pracovní bod koncového stupně (klidový proud obou tranzistorů T_3 a T_4) není v tomto případě ovlivňován činností „hlídacího“ tranzistoru, ale běžným způsobem, termistorem a obyčejnou křemíkovou hrotovou diodou. Proti přebuzení zesilovače signály vysokých kmitočtů je mezi kolektor a bází tranzistoru T_2 zařazen kondenzátor 330 pF. Použité zpětné vazby (např. jedna z výstupu a jedna mezi stupni) dělají zesilovač velmi stabilním a schopným provozu za nejhorších teplotních podmínek. Vstupní křemíkový tranzistor je typ s malým šumem.

Spodní mezní kmitočet je dán kapacitou kondenzátoru C (při $C = 100 \mu\text{F}$ je $f_d = 130 \text{ Hz}$, při $C = 250 \mu\text{F}$ je $f_d = 65 \text{ Hz}$). Horní mezní kmitočet je asi 19 kHz. Zesilovač má výkonové zesílení asi 87 dB.

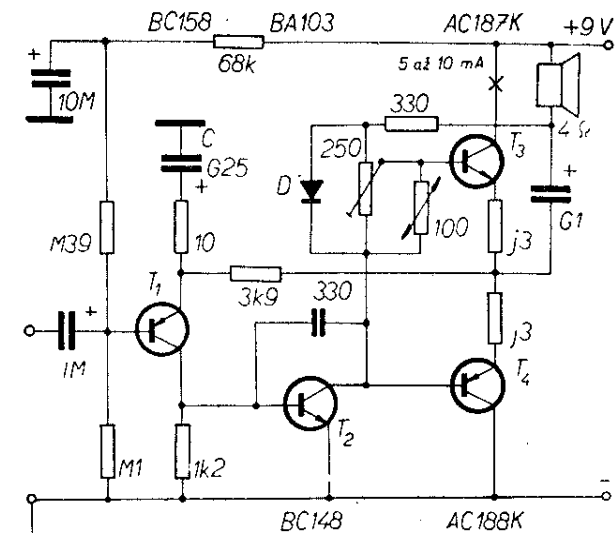
Siemens Halbleiterschaltungen 1968.

Měřicí technika

Přípravek k měření malých kapacit

K měření malých kapacit, např. kapacit stíněných vodičů, spínačů, elektronek a jiných součástek slouží zapojení na obr. 58, jež lze připojit ke každému univerzálnímu měřidlu se vstupním odporem 20 k Ω /V a větším. Lze měřit kapacity ve dvou rozsazích, a to 0 až 10 pF a 0 až 100 pF.

Tranzistory T_1 a T_2 tvoří oscilátor signálu pravoúhlého průběhu o kmitočtu 100 kHz. Výstup oscilátoru je připojen na zdíčku Zd_1 , jež slouží k připojení jednoho vývodu měřeného kondenzátoru. Zkušební signál 100 kHz jde přes měřený kondenzátor, zdíčku Zd_2 a jeden z odporů R_6 , R_7 (podle polohy přepínače $Př_1$) na vývod pro připojení přípravku k uni-



Obr. 57. Jednoduchý nf zesilovač 1,5 W

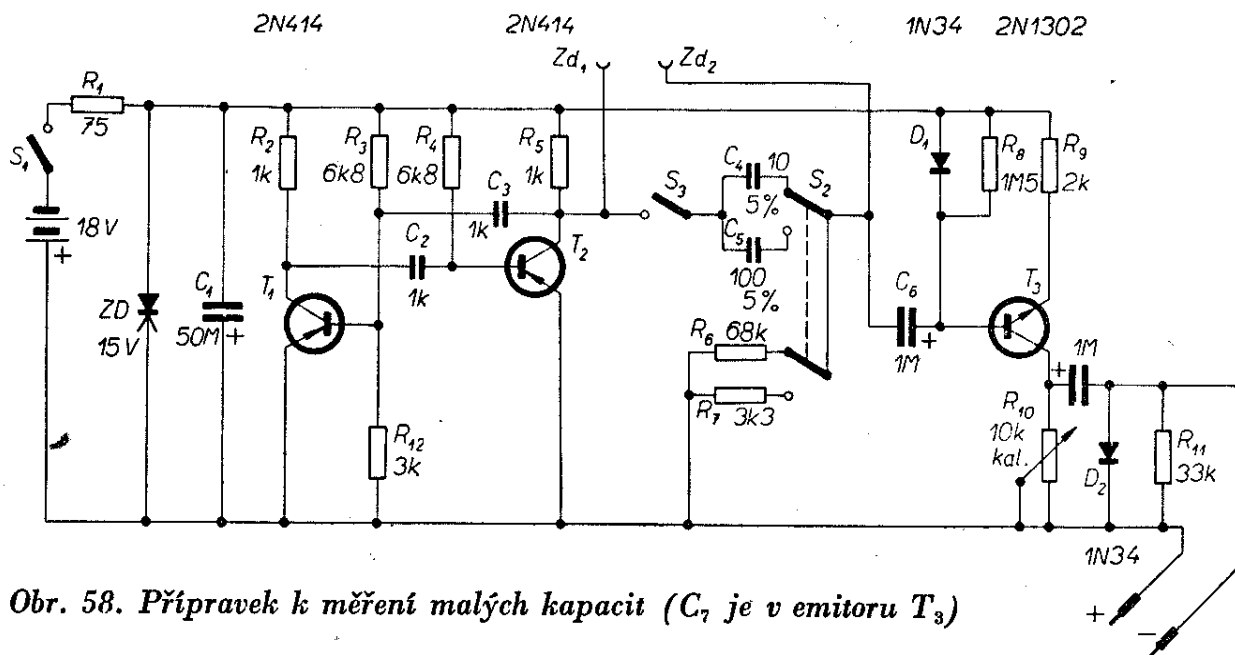
verzálnímu měřidlu (ke kladné svorce). Tyto odpory spolu se zkoušeným kondenzátorem tvoří dělič napětí, na jehož výstupu je napětí úměrné velikosti měřené kapacity a odporu podle zvoleného rozsahu.

Toto napětí se dále vede na obvod C_6 , D_1 a R_8 , který z něj vybírá pouze kladné řídicí pulsy, které potom otvírají tranzistor T_3 . Tranzistor T_3 zesiluje signál a na jeho výstupu je další „usměrňovací“ člen C_7 , R_{11} a D_2 , z něhož se pak upravený signál vede na zápornou svorku měřicího přístroje.

Zenerova dioda (15 V, 0,5 W) zabezpečuje správnou činnost přístroje při stárnutí baterií.

Pro použití různých tranzistorů na místě T_1 a T_2 platí pouze jedno pravidlo – tranzistor musí mít mezní kmitočet vyšší než 100 kHz. Může být germaniový nebo křemíkový. Jako T_3 poslouží každý germaniový tranzistor s napětím U_{CE} alespoň 20 V a s kolektorovým proudem asi 30 mA. Není vhodné použít křemíkový tranzistor, neboť vzhledem k velkému úbytku napětí na jeho přechodu emitor-báze by musela mít měřicí stupnice nelineární průběh.

K připojení měřicího přípravku je nejvhodnější rozsah univerzálního měřidla 1 V. Lze samozřejmě použít i rozsah 3 V, čtení je však potom méně přesné, neboť celková výchylka bude pouze 1/3 délky stupnice. Jinak řečeno, ručka měřidla na



Obr. 58. Přípravek k měření malých kapacit (C_7 je v emitoru T_3)

rozsahu 1 V ukáže plnou výchylku po připojení kondenzátoru 10, popř. 100 pF.

Před začátkem měření přepneme přepínač rozsahů S_2 do polohy, odpovídající kapacitě měřeného kondenzátoru. Sepneme spínač S_3 a nastavíme potenciometrem „kalibrace“ maximální výchylku ručky univerzálního měřidla tak, aby napětí bylo přesně 1 V. Spínač S_3 rozepneme a připojíme měřený kondenzátor. Na připojeném měřicím přístroji čteme přímo kapacitu měřeného kondenzátoru.

Radio-Electronics 2/69.

Voltmetr se vstupním odporem 50 MΩ

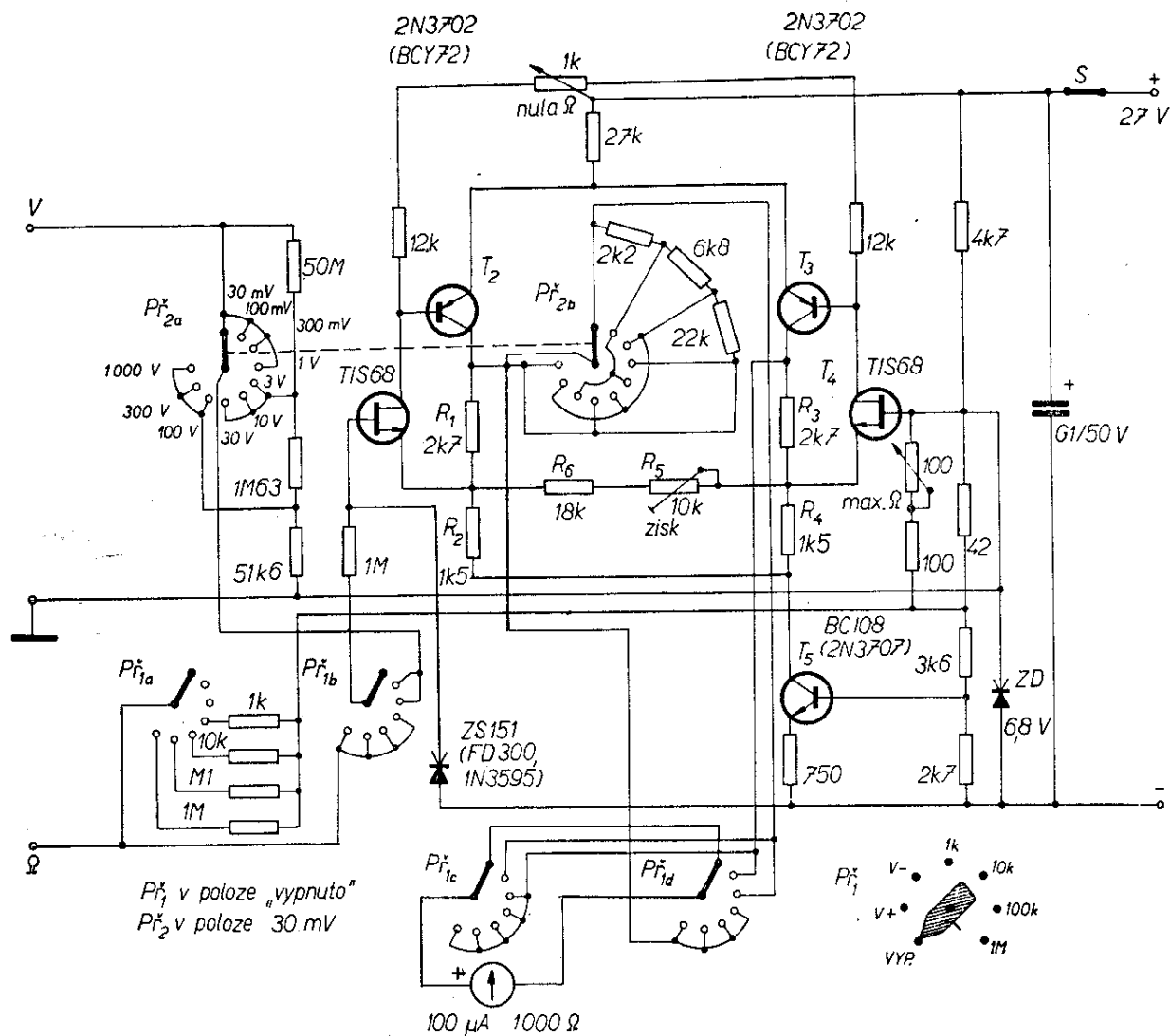
Na obr. 59 je zapojení voltmetru – ohmmetru s velmi dobrými vlastnostmi. Voltmetr měří od 30 mV do 1 000 V v devíti dílčích rozsazích, přesnost $\pm 5\%$, vstupní odpor je 50 MΩ; odpory se měří v rozmezí 0 až 1 MΩ ve čtyřech dílčích rozsazích. Přístroj je napájen napětím 27 V, spotřeba proudu je 7,25 mA.

Základní zesilovač je modifikací diferenciálního zesilovače (oblíbený název tohoto zapojení v západní literatuře je „long tailed pair“). Výhodou tohoto uspořádání je, že změny parametrů, jak tranzistorů FET, tak i křemíkových tranzistorů T_2 a T_3 , mají velmi malý vliv na činnost obvodu. Aby bylo možno nastavit přesně zisk obvodu, používá se

proměnný odpor R_5 v sérii s pevným odporem R_6 jako bočník k odporům R_2 a R_4 . Tento způsob řízení zisku má tu výhodu, že neovlivňuje nastavení nuly měřidla. K zajištění konstantních vlastností měřicího zesilovače slouží tranzistor T_5 , jenž dodává proud konstantní velikosti. Ke stálosti vlastností měřidla slouží i stabilizace napájecího napětí Zenerovou diodou. Nula voltmetru se nastavuje potenciometrem 1 kΩ – změnou polohy běžce potenciometru se nastavuje proud jednotlivými polovinami měřicího zesilovače. Použijí-li se k osazení párované tranzistory FET, je možno potenciometr vypustit. Souhlas parametrů tranzistorů T_3 a T_2 není pro činnost obvodu potřebný.

Voltmetr je doplněn ohmmetrem, jenž má tu zvláštnost, že jako měřicí napětí (obvykle 1 až 3 V) používá pouze 31,6 mV. Protože toto napětí nestačí „otevřít“ přechody polovodičových prvků (tranzistorů a diod), lze ohmmetr použít k měření skutečných odporů přechodů polovodičů přímo v zapojení, v obvodech, aniž by bylo nutné jednotlivé nebo všechny elektrody odpájet. K ochraně vstupního tranzistoru slouží dioda ZS151. Pro její výběr platí, že musí mít co největší odpor v závěrném směru a co nejmenší v propustném směru.

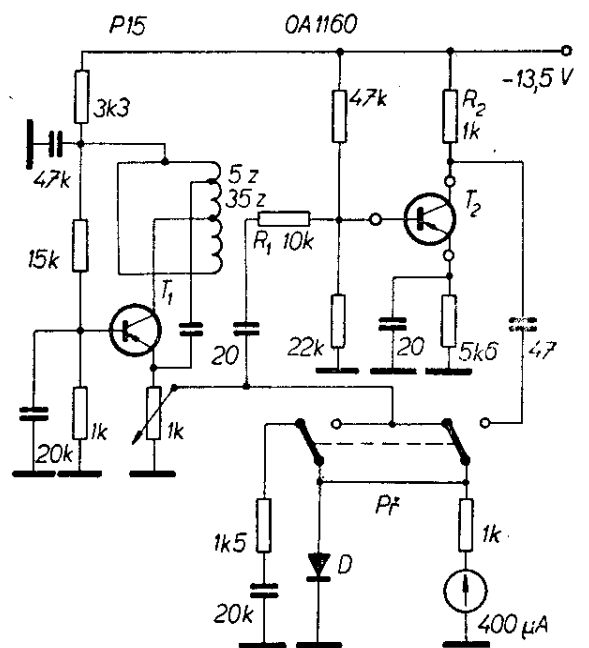
Wireless World 74, č. 1391, květen 1968.



Obr. 59. Stejnsměrný voltmetr se vstupním odporem 50 MΩ

Měřič zesílení vf tranzistorů

K měření zesílení tranzistorů na vyšších kmitočtech je určen přístroj, jehož schéma je na obr. 60. Tranzistor T_1 kmitá v upraveném tříbodovém zapojení na kmitočtu 470 kHz. Tento kmitočet je zvoleným měřicím kmitočtem; k měření lze ovšem použít i jiný kmitočet při jiné indukčnosti cívky L . Vf měřicí napětí lze nastavit potenciometrem 1 kΩ. Vf napětí lze měřit buď před nebo za měřeným tranzistorem T_2 – desetinásobný poměr obou napětí udává proudové zesílení tranzistoru pro zvolený kmitočet. K indikaci vf napětí slouží jednoduchý obvod s měřidlem 400 μA. Pro některá měření bude lepší zaměnit horní odpor 47 kΩ v děliči báze za potenciometr např. 68 kΩ;



Obr. 60. Měřič zesílení vf tranzistorů

lze pak přesně nastavit pracovní bod, v němž má tranzistor pro daný kmitočet optimální zesílení.

Cívka L má tyto údaje: celkový počet závitů je 135, odbočky jsou na 5. a 35. závitů od živého konce. Cívka je navinuta vř lankem $15 \times 0,05$ mm na kostříčce o \varnothing 8 mm.

Vř proudové zesílení pro toto zapojení je dáno vztahem

$$A_i = \frac{U_2 R_1}{U_1 R_2} = \frac{U_2 \cdot 10 \text{ k}\Omega}{U_1 \cdot 1 \text{ k}\Omega} = 10 \frac{U_2}{U_1},$$

kde U_1 je vstupní napětí a U_2 výstupní napětí (měřeno v levé a pravé poloze přepínače $Př$).

Rádiótechnika č. 7/62.

Nf voltmetr

Nf voltmetr, jehož schéma je na obr. 61, je všestranným, velmi dobře řešeným měřidlem, bez něhož se v běžné praxi většinou nelze obejít. Tranzistorový voltmetr má tyto údaje: 11 rozsahů po 10 dB stupních, tj. měří napětí od 3 mV do 300 V, popř. -50 až $+50$ dB ($0 \text{ dB} = 1 \text{ mW}$ na 600Ω). Vstupní impedance je větší než $4 \text{ M}\Omega$ pro všechny rozsahy, kmitočtová charakteristika je od 10 Hz do $100 \text{ kHz} \pm 0,5 \text{ dB}$, napájení z baterie 9 V, spotřeba proudu 0,7 mA; stabilita je velmi dobrá – při změně napájecího napětí o 20 % je nepřesnost přístroje lepší než 2 %; mnohonásobné zpětné vazby stabilizují zisk zesilovače proti změnám teploty a napájecího napětí, měřidlo má kontrolu napětí baterií atd.

Vstupní dělič má odpor větší než $5 \text{ M}\Omega$ a je kmitočtově kompenzován kondenzátory C_1 , C_2 a C_3 . Z děliče jde měřený signál na předzesilovač se zesílením asi 5; velikost zesílení určují odpory R_7 a R_8 . Velký vstupní odpor je dán použitím moderních křemíkových planárních tranzistorů s velkým proudovým zesílením při malých kolektorových proudech. Předpětí báze prvního tranzistoru se stabilizuje dvěma větvemi zpětné vazby – jednu větev tvoří odpory R_7 a R_8 , druhou odpory R_5 , R_6 . Diody D_1 a D_2 chrání obvod proti nadměrně velkým vstupním

napětím. Jsou zapojeny v nepropustném směru a mají za běžných podmínek minimální vliv na činnost obvodu. Proud ochrannými diodami je dán velikostí R_4 a C_4 . Kondenzátor C_6 zlepšuje stabilitu obvodu na vysokých kmitočtech. Výstupní impedance předzesilovače je velmi malá a tím je snadné přizpůsobení následujícího děliče, R_{12} , R_{13} , R_{14} a R_{15} . Poměrně malá impedance děliče a malé kapacity přepínače dovolují konstruovat dělič na $Př_{1b}$ bez kompenzačních kondenzátorů pro vyšší kmitočty. Za přepínačem $Př_{1b}$ následuje dvoustupňový měřicí zesilovač. Měřicí zesilovač má velmi malý zisk; při zavedení zpětné vazby (přes měřidlo k emitoru T_3) je sice zisk malý, avšak dosáhne se vysoké stability obvodu. Zpětná vazba současně zvětší vstupní impedanci měřicího zesilovače asi na $1 \text{ M}\Omega$. Pro plnou výchylku měřidla je třeba, aby napětí na vstupu měřicího zesilovače bylo asi 15 mV. Proměnný odpor R_{16} určuje stupeň zpětné vazby a tím i zisk zesilovače a je hlavním kalibračním prvkem. Kondenzátor C_{10} propouští vyšší kmitočty s menším útlumem a tím kompenzuje větší zesílení nízkých kmitočtů v předzesilovači – proto má tak malou kapacitu. Ochranná dioda D_3 zabráňuje přetížení obvodu velkým napětím a za běžných pracovních podmínek je pólována v nepropustném směru a nemá tedy vliv na činnost obvodu. Pracovní body tranzistorů jsou stabilizovány zpětnou vazbou z emitoru T_4 na bázi T_3 přes odpor R_{18} . Výstupní střídavý proud z měřicího zesilovače se přivádí přes C_{12} na můstkový usměrňovač měřidla. Kondenzátor C_{13} tvoří přídatné tlumení měřidla, např. velmi výhodné při přenášení měřicího přístroje.

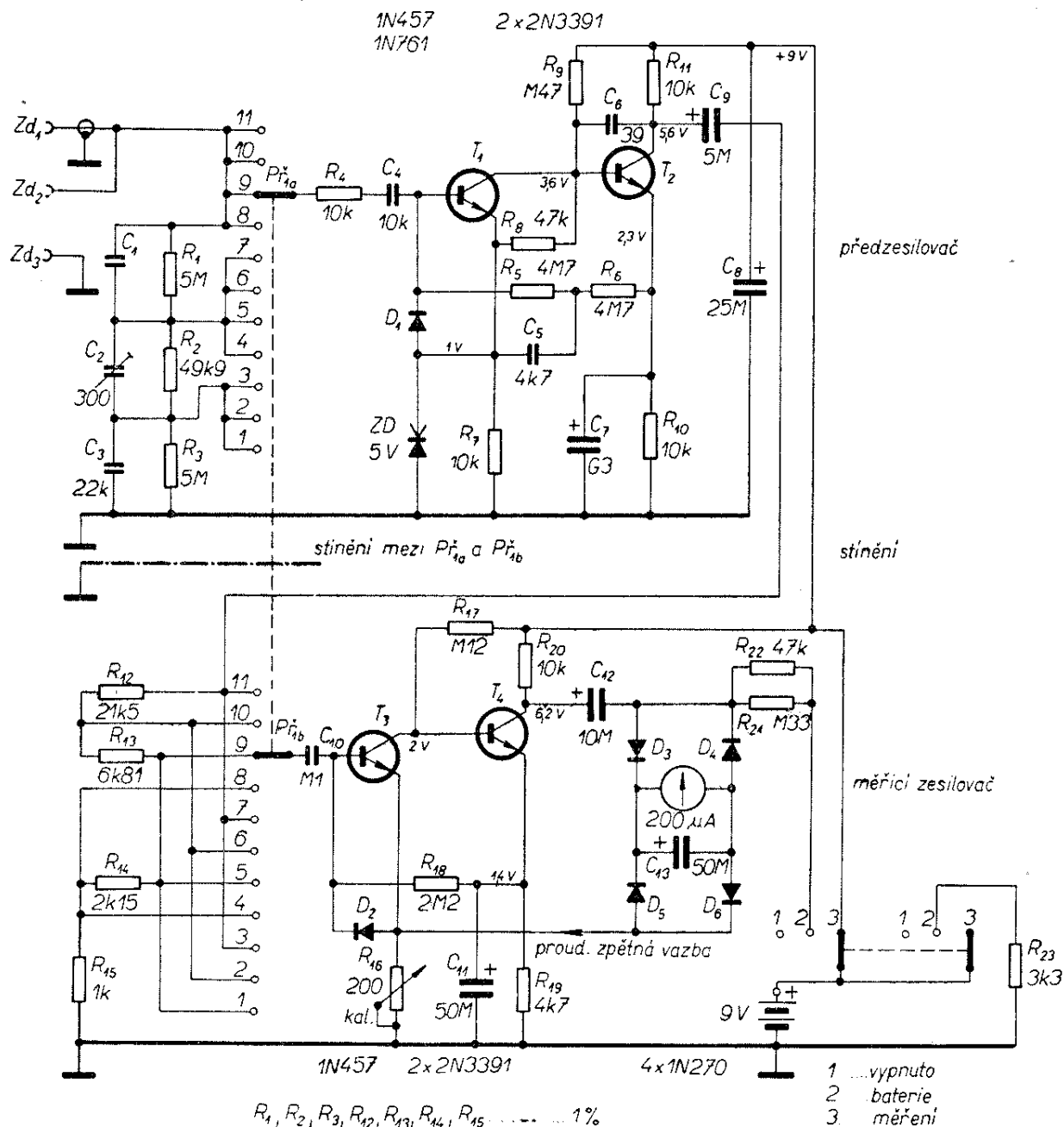
Velmi důležité při konstrukci je pečlivé odstínění obou částí přepínače $Př_1$, jak je naznačeno na obrázku. Kromě odporů, jejichž seznam je na obrázku (1 %), nejsou tolerance ostatních součástí kritické, vyhoví běžné součástky s tolerancemi 5 nebo 10 %. Kondenzátor C_{13} , zvláště je-li starší, je třeba před prvním zapojením přístroje formovat napětím asi 6 V po dobu asi 20 minut. Kondenzátor C_1 se osvědčilo realizovat zkroucením dvou izolovaných drátů a přesnou kapa-

citu nastavovat při uvádění přístroje do chodu odvíjením závitů. Kondenzátor bude mít velmi malou kapacitu, neboť k jeho kapacitě se přičítá i kapacita přívodů, přepínače a ostatní montážní kapacity na vstupu. Závěrem pouze k ilustraci – autor tvrdí, že přivede-li se na vstupní zdířky napětí 120 V při přepínači rozsahů v poloze 3 mV, nedojde k žádné „katastrofě“ a poškození tranzistorů nebo měřidla je vyloučeno.

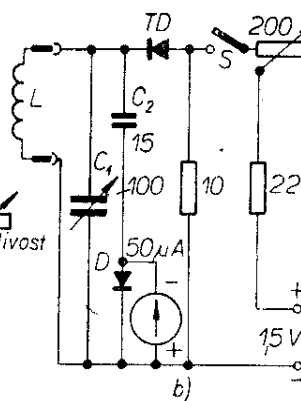
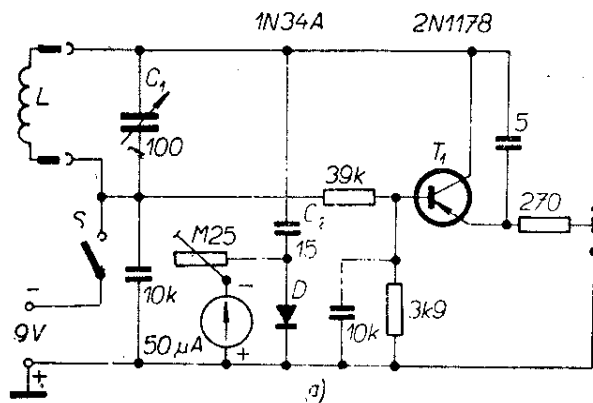
Radio-Electronics č. 3/1966.

Sací měřiče

Sací měřiče (dip-metry), patří svou jednoduchostí a všestranným použitím k nejpotřebnějším měricím přístrojům každého technika. Na obr. 62a je tranzistorová verze tohoto přístroje, na obr. 62b verze s tunelovou diodou TD. Činnost sacího měřiče je známá, proto jen stručně (k obr. 62a): odporem R_1 se nastavuje základní výchylka měřidla (citlivost) při měření. T_1 je libovolný vf tranzistor (mezni kmitočet podle požá-



Obr. 61. Nf voltmetr. 2N3391 jsou křemíkové planární tranzistory s velkým zesílením ($\beta = 250$ až 500)



Obr. 62. Sací měřič s tranzistorem (a) a s tunelovou diodou (b)

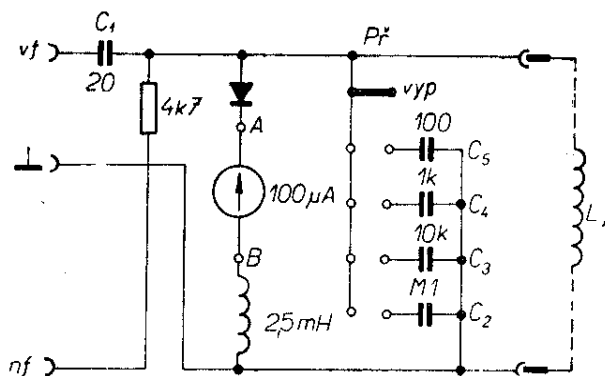
dovaného rozsahu měření v oblasti vysokých kmitočtů), C_1 je ladící kondenzátor, L je výměnná cívka pro jednotlivé rozsahy (její indukčnost se určí ze známého Thomsonova vzorce); (k obr. 62b): tunelová dioda TD nasadí oscilace, jestliže má vhodné stejnosměrné předpětí (lze ho nastavit proměnným odporem 200 Ω), další činnost obvodu je stejná jako u jiných, běžných zapojení.

Radio-Electronics č. 11/1965.

Přístroj k rychlému měření indukčnosti

Na obr. 63 je zapojení jednoduchého přístroje, který ve spojení s nf nebo vf generátorem měří indukčnosti cívek od několika μH do 5 H.

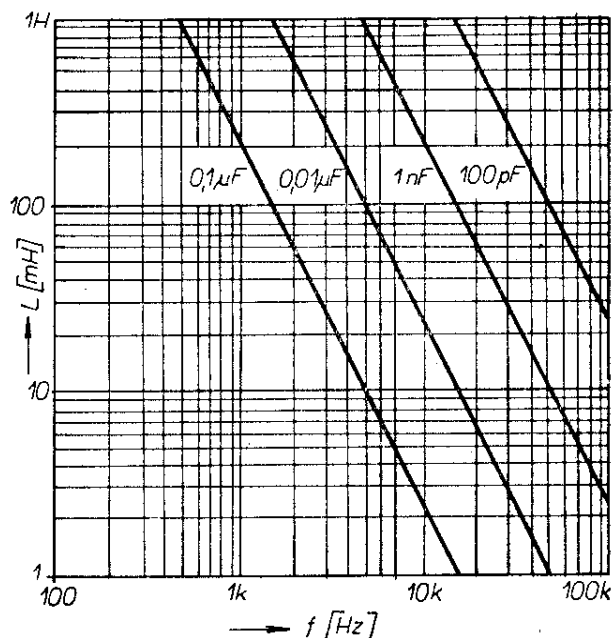
Signál z generátoru se přivádí do zdířek vf nebo nf a zemnicí zdířky a projde buď odporem 4700 Ω nebo kondenzátorem 20 pF a cívku s neznámou indukčností. Přepínačem $Př$ se k neznámé cívce připojuje paralelní kondenzátor. Měníme-li potom kmitočet měřicího signálu, dojde při jeho vhodném nastavení k rezonanci obvodu $L_x C_n$, kde C_n je konden-



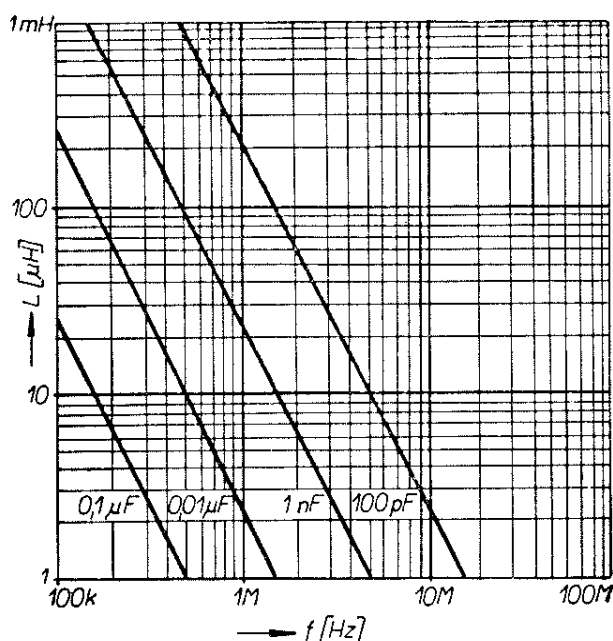
Obr. 63. Měřič indukčnosti

zátor C_2 až C_5 . Rezonanci indikuje měřidlo prudkým zvětšením výchylky ručky, neboť paralelní rezonanční obvod znamená pro signál velkou impedanci (při rezonanci). Střídavé měřicí napětí se usměrňuje diodou a vede na citlivý mikroampérmetr a vf tlumivku 2,5 mH. K indikaci lze použít i jakýkoli univerzální měřicí přístroj se vstupním odporem větším než 10 k Ω/V .

Měření je nejpřesnější, je-li kapacita kondenzátoru co nejmenší – někdy bývá výhodné přepnout přepínač do polohy vyp. a rezonanci vyladit pouze generátorem, pak je výchylka měřidla velmi ostrá. Přístrojem lze informativně zjišťovat i jakost Q různých cívek pro určitý kmitočet. Je-li nastavení maximální výchylky ručky



Obr. 63a. Závislost indukčnosti cívky na rezonančním kmitočtu v oblasti nf



Obr. 63b. Závislost indukčnosti cívky na rezonančním kmitočtu v oblasti vf

při rezonanci ploché, má cívka menší jakost než je-li tomu naopak.

Pro paralelní kondenzátory podle obrázku je na obr. 63a a 63b graf k určení neznámé indukčnosti cívky při použití nf i vf generátoru.

Radio-Electronics č. 1/1966.

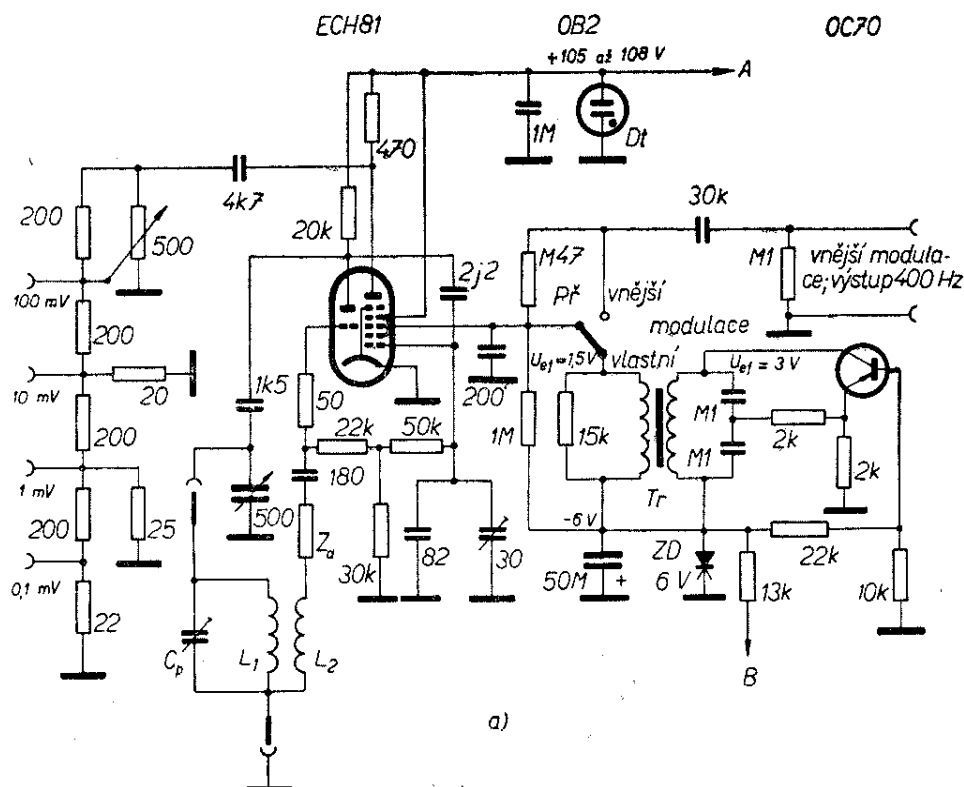
Jednoduchý signální generátor

K nezbytnému vybavení domácí laboratoře patří i jednoduchý, pokud možno přesný vf signální generátor, jímž by se daly sladovat přijímače apod. Schéma takového jednoduchého generátoru se smíšeným osazením je na obr. 64.

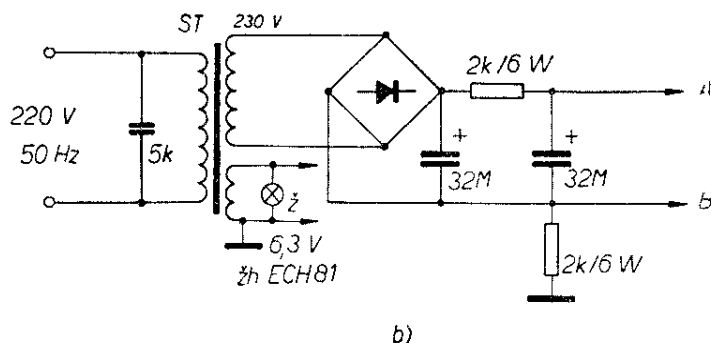
Triodový systém elektronky ECH81 pracuje jako oscilátor. Oscilační napětí se přes kondenzátor 2,2 pF vede na řídicí mřížku heptody, jež slouží jako modulační a oddělovací elektronka. Dále se vysokofrekvenční signál vede přes kondenzátor 4,7 nF a potenciometr 500 Ω (za nímž následují stupně s útlumem po 20 dB) na svorky s výstupním napětím 100, 10, 1 a 0,1 mV.

Modulační napětí dodává tranzistorový sinusový oscilátor, pracující na kmitočtu 400 Hz. Modulační napětí se přivádí jednak na modulační elektronku a jednak je vyvedeno na zdířky, odkud ho lze odebrat ke zkušebním účelům. Na stejné zdířky lze přivést externí modulační signál, přepneme-li přepínač modulace do polohy „vnější modulace“. Vf signál je modulován do hloubky 30 %, což odpovídá velikosti modulačního napětí $U_{ef} = 1,5 \text{ V}$.

K zajištění kmitočtové stability a stálosti výstupní úrovně vf signálu musí být



Obr. 64a. Jednoduchý signální generátor se smíšeným osazením



Obr. 64b. Napáječ pro signální generátor

anodové napětí elektronky stabilizováno (doutnavka 0B2). Lze použít samozřejmě jakýkoli stabilizátor pro napětí 105 až 108 V.

Generátor je navržen pro 6 rozsahů v pásmu 150 kHz až 26 MHz. Cívky oscilátoru pro tyto rozsahy jsou v tabulce.

| Rozsah [kHz] | L_1 [z] | L_2 [z] | C_p [pF] | Z_d |
|------------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| 150 až 450 | 350 | 100 | 5 až 30 | 1 k Ω |
| 450 až 485 | 50 | 18 | 2,2 nF | 1 k Ω |
| 500 až 1 500 | 115 | 40 | 5 až 30 | 68 pF |
| 1 500 až 4 000 | 40 | 15 | 5 až 30 | 47 pF |
| 4 000 až 10 000 | 15 | 9 | 5 až 30 | 47 pF |
| 10 000 až 26 000 | 5 | 8 | 5 až 30 | 68 pF |

Cívky prvních čtyř rozsahů jsou vinuty křížově, cívky pro poslední dva rozsahy jsou v hrníčkových jádrech. Jiné údaje o cívkách nejsou v původním prameni uvedeny.

Transformátor modulačního napětí je na jádru M30, skládaném jednostranně, s tloušťkou sloupku 10 mm. Primární vinutí má 2 000 závitů drátu o \varnothing 0,1 mm CuP, sekundární vinutí má 100 závitů drátu o \varnothing 0,16 mm CuP.

Ke kontrole správné činnosti je třeba změřit především mřížkový proud oscilátoru – musí být v mezích 100 až 200 μ A při všech měřicích rozsazích a v libovolné poloze ladícího kondenzátoru. Případné odchylky od tohoto údaje lze kompenzovat změnou sériové impedance Z_d .

Radioschau č. 12/1968.

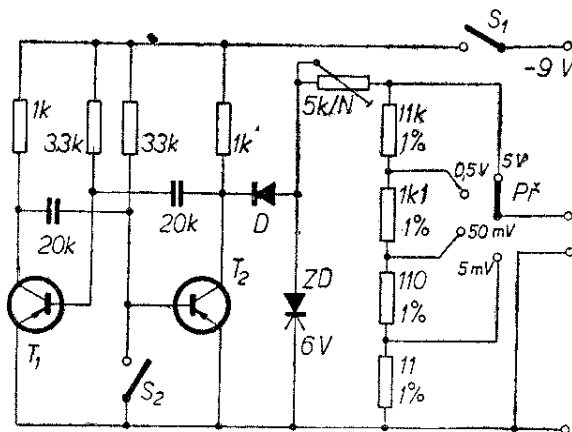
Zdroj kalibračního napětí pro osciloskop

Často je třeba při posuzování zesílení nebo k určení špičkového napětí signálů, sledovaných osciloskopem, „ocejchovat“ stínítko obrazovky osciloskopu. Jednoduché zařízení na obr. 65 to umožňuje velmi snadno.

Tranzistory T_1 a T_2 (libovolné slitinové vf tranzistory s mezním kmitočtem řádu jednotek MHz) tvoří multivibrátor, jenž má přepínací kmitočet asi 1 000 Hz. Signál z multivibrátoru (pravoúhlého průběhu) jde přes diodu D na dělič, jenž slouží k nastavení výstupního napětí žádané velikosti. Zenerova dioda ($U_Z = 6$ V) slouží k zajištění stálé amplitudy výstupního napětí multivibrátoru.

Spínač S_1 slouží k uvádění obvodu do

chodu, spínač S_2 vypíná multivibrátor (při kontrole stejnosměrných napětí) a přepínačem P lze volit velikost výstup-



Obr. 65. Zdroj kalibračního napětí pro osciloskop

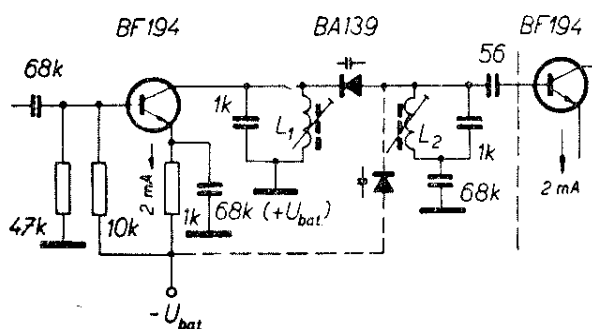
ního napětí od 5 mV do 5 V (špičkové napětí!).

Wireless World č. 3/1969.

Přijímací technika

Řízení šířky pásma mf zesilovače

Použití kapacitních diod přineslo do konstrukce přijímačů nové obvody – příklad použití kapacitní diody v konstrukci mf zesilovače s proměnnou šířkou pásma je na obr. 66.



Obr. 66. Řízení šířky pásma mf zesilovače. BF194 jsou vf křemíkové tranzistory, kapacitní dioda BA139 má poměr maximální kapacity k minimální asi 2,4 až 2,7

Jde o zapojení mf stupně 450 kHz, jehož šířku pásma lze řídit kapacitní diodou BA139. Někdy se stává (v zesilovači s pásmovými propustmi při silném mf signálu), že propustná křivka je při určité velikosti signálu při použití jen jedné kapacitní diody v některých místech zdeformovaná – pak pomůže přidání

další kapacitní diody (v obr. čárkovaně). Zapojení lze uspořádat i tak, že jsou kapacitní diody v mf zesilovači ovládány napětím z detektoru (jež odpovídá velikosti vstupního napětí). Tak se podařilo laboratorně řídit šířku pásma v rozmezí 7 až 20 kHz.

Cívky L_1 a L_2 mají indukčnost asi 100 μ H, jakost naprázdno je 100. Kondenzátory v laděných obvodech jsou styroflexové.

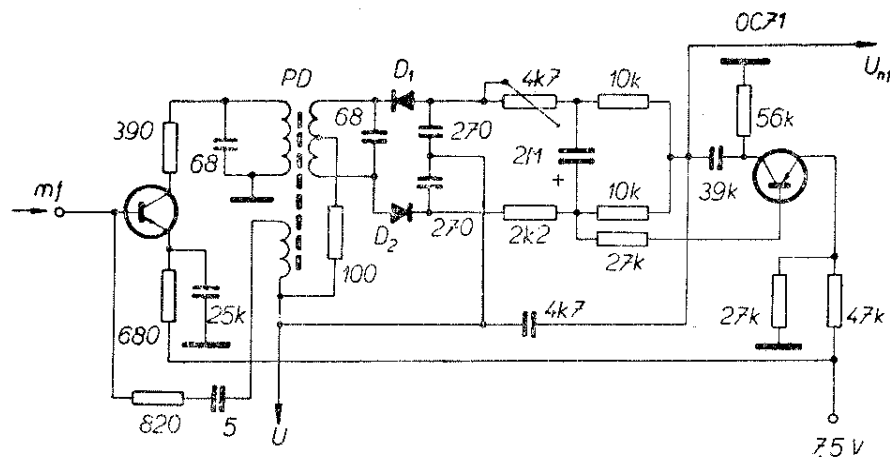
Siemens-Bauteile-Informationen 1968.

Potlačení šumu při příjmu na VKV, závislé na síle pole

Ačkoli příjem rozhlasu v pásmu VKV zaručuje všeobecně velkou jakost reprodukce, přesto může při příjmu slabých vysílačů docházet k výskytu rušivého šumu. Zapojení na obr. 67 potlačuje šum při příjmu signálů slabých vysílačů.

Tranzistor OC71 (lze nahradit libovolným nf tranzistorem) se ovládá v obvodu báze napětím poměrového detektoru. Zapojení je zvoleno tak, že tranzistor vede pouze při slabém signálu. Je-li tranzistor uzavřen, tzn. je-li vstupní signál dostatečně silný, je výstup poměrového detektoru připojen na zem přes člen RC (39 nF a 56 k Ω v sérii), což nijak neovlivní přenos vysokých kmitočtů.

Naopak je tomu v případě, je-li vstupní signál slabý. Tehdy je kondenzátor 39 nF vlastně spojen se zemí (s oběma paralelně připojenými emitorovými odpory tranzistoru je celkový odpor asi 13,5 k Ω). Vysoké kmitočty jsou potlačeny. Útlum je pro signál o kmitočtu asi 10 kHz kolem – 15 dB. Zapojení je vhodné pře-



Obr. 67. Potlačení šumu při příjmu VKV v závislosti na síle pole

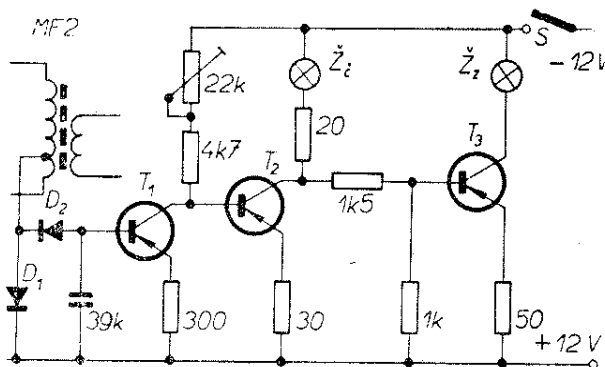
devším pro přijímače do motorových vozidel, kdy se krátkodobé zmenšení výstupního signálu stává tímto způsobem téměř nepostřehnutelné.

Radio und Fernsehen č. 13/1964.

Indikace vyladění u tranzistorového přijímače

Pro přijímače do auta je vhodná indikace vyladění stanice, aby řidič při jízdě mohl i za nepříznivých zvukových podmínek co nejdříve a nejpresněji vyladit žádanou stanici.

Jednoduchá indikace vyladění dvěma barevnými žárovkami, červenou \check{Z}_c a zelenou \check{Z}_z , je na obr. 68. Zapojení k pře-



Obr. 68. Indikace vyladění u tranzistorového přijímače

pínání žárovek se ovládá napětím z druhého mf transformátoru. Mf signál se po usměrnění vede na bázi T_1 . Jestliže tranzistor T_1 nemá na bázi usměrněný signál, tj. je-li přijímač naladěn mezi stanicemi, T_1 nevede a proud teče tranzistorem T_2 , svítí červená žárovka. Tehdy je napětí na kolektoru tranzistoru T_2 minimální a blízké nule. Tranzistor T_3 není polarizován v propustném směru, nevede, nesvítí tedy zelená žárovka.

Jestliže je přijímač vyladěn na příjem nějaké stanice, zvětší se mf napětí a usměrněné diodami D_1 a D_2 otevře tranzistor T_1 ; napětí na jeho kolektoru je velmi malé, stejně jako na bázi T_2 ; tranzistorem T_2 protéká malý proud, zhasne červená žárovka, vede tranzistor T_3 a rozsvítí se zelená žárovka, indikující

vyladění stanice. Čím je stanice naladěna přesněji, tím jasněji žárovka svítí.

Tranzistory jsou germaniové typy p-n-p, dimenzované podle použitých žárovek. Diody jsou libovolné hrotové germaniové diody, jaké se používají k detekci vf napětí.

Radioamater č. 3/1969.

Aperiodický předzesilovač pro KV

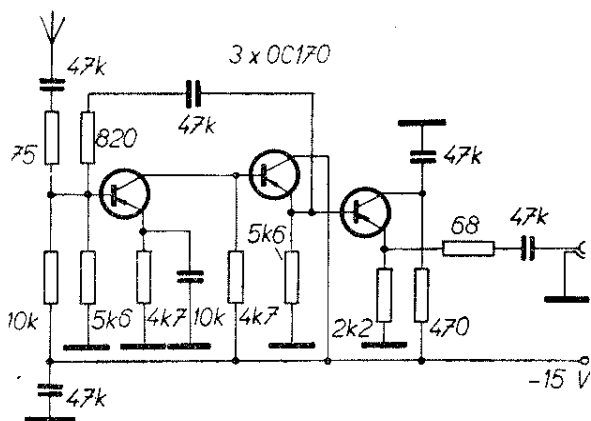
Velmi snadno se zvětší citlivost jakéhokoli přijímače s rozsahy krátkých vln širokopásmovým aperiodickým předzesilovačem podle obr. 69.

Jde o třístupňový, snadno realizovatelný předzesilovač určený k zesilování signálů v pásmu 10 až 40 MHz. Průměrné zesílení v uvedeném pásmu je (podle použitých tranzistorů) asi 10 dB, pro pásmo 28 MHz asi 20 dB.

Anténa se připojí přímo na vstupní kondenzátor 47 nF a vývod zesilovače se souosým kabelem spojí s anténní zdírkou a se zemí přijímače.

Při napájecím napětí 15 V má zesilovač spotřebu asi 7 mA.

Short Wave Magazine č. 3/1967.

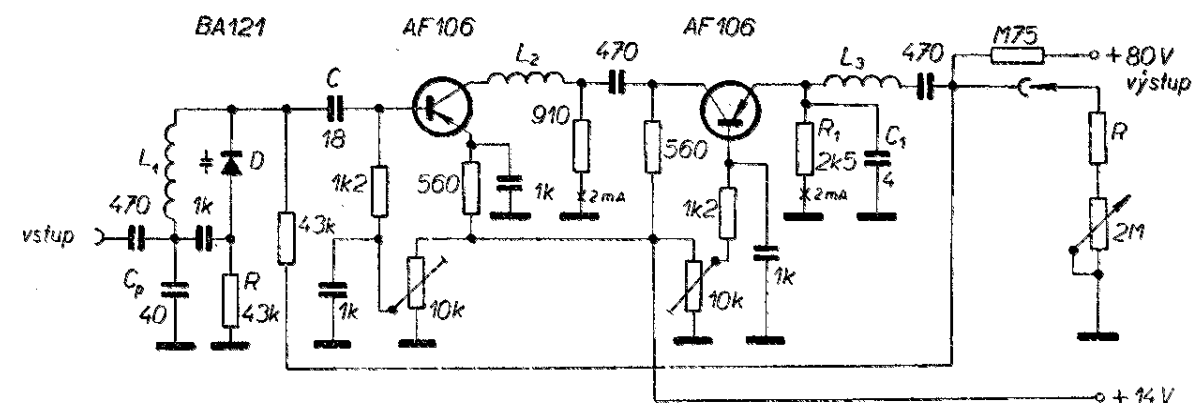


Obr. 69. Aperiodický předzesilovač pro krátké vlny

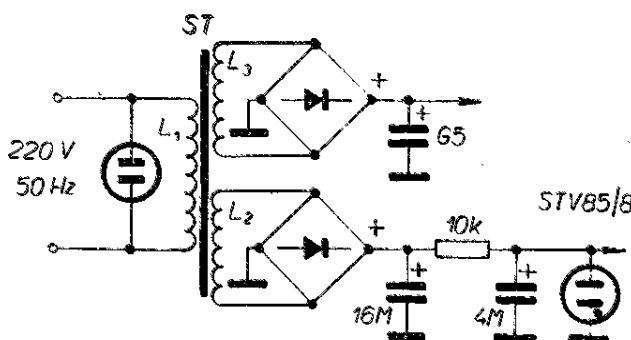
Anténní zesilovač s kapacitními diodami

Na obr. 70 je anténní zesilovač pro televizní pásmo I, laděný kapacitní diodou BA121.

Vstupní obvod sestává z cívky L_1 a kapacitní diody. Aby cívka stejnosměrně nezkratovala kapacitní diodu, odděluje



Obr. 70. Anténní zesilovač pro I. televizní pásmo a jeho napáječ (Obr. 71)



220 MHz. Šířka přenášeného pásma je asi 12 MHz.

Cívky pro I. pásmo

L_1 má 9 závitů drátu o \varnothing 0,5 mm CuP na kostřičce o \varnothing 5 mm s jádrem M4. Cívka L_2 má 13 závitů drátu o \varnothing 0,6 mm CuP na stejné kostřičce s feritovým jádrem, cívka L_3 má 13 závitů stejného drátu jako cívka L_2 samozřejmě na \varnothing 5 mm.

Cívky pro III. pásmo

Cívky L_1 a L_3 jsou samonosné, na \varnothing 5 mm. L_1 má 3 závity drátu 0,8 mm CuAg s odbočkou na 0,5 závit, L_2 má 8 závitů drátu o \varnothing 0,8 mm CuAg na kostřičce o \varnothing 5 mm s feritovým jádrem, L_3 má 10 závitů drátu o \varnothing 0,8 mm CuAg s odbočkou na druhém závitě od studeného konce.

Na obr. 71 je zdroj stejnosměrného napětí k napájení zesilovače.

Radioschau č. 3/1965.

BFO a product-detektor

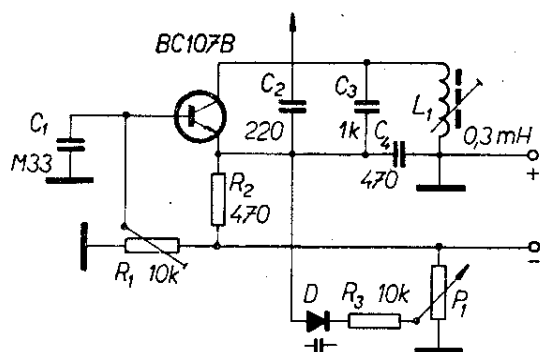
Pro příjem nemodulované telegrafie na běžné kufříkové tranzistorové přijímače slouží zapojení na obr. 72.

BFO (beat frequency oscillator – záznějový oscilátor) je osazen tranzistorem BC107. Pracovní bod tranzistoru, pracujícího v zapojení se společnou bází, se nastavuje potenciometrem R_1 , 10 k Ω . Obvod C_3 , C_4 a L_1 je vázán kapacitním děličem C_3 , C_4 s emitorem tranzistoru. BFO se řídí kapacitní diodou D , jenž je

se (pro vf signál) katoda diody přes kondenzátor 1 000 pF. Kapacita diody se mění změnou napájecího napětí 80 V potenciometrem 2 M Ω v sérii s odporem R (asi 10 k Ω). Celý napěťový dělič (750 k Ω , odpor R a potenciometr 2 M Ω) je umístěn u televizního přijímače.

Správné přizpůsobení se nastavuje kondenzátorem C_p 6 až 40 pF (podle antény). Vstupní obvod lze přizpůsobit k anténě též odbočkou na cívce L_1 , tím se však zmenšuje rozsah rozladění vstupního obvodu kapacitní diodou. Článek II mezi prvním a druhým zesilovacím stupněm je navržen tak, aby zesilovač měl horní mezní kmitočet asi 80 MHz. Výkonové zesílení v oblasti 48 MHz až 66 MHz je lepší než 20 dB. Při nastavení zesilovače na určitý kmitočet lze samozřejmě malými úpravami obvodu získat větší zesílení (úpravou součástek článku II).

Tento zesilovač lze s malými úpravami použít pro zesílení signálů v III. televizním pásmu. V tom případě odpadnou odpor R , kondenzátor C_p , kondenzátor C_1 . Odpor R_1 bude 910 Ω , kondenzátor C bude 3 pF, pravý konec cívky L_1 a L_3 se uzemní a signál se přivede na odbočku (u L_1), popř. odvede (u L_3) z odbočky. Jiné změny v obvodu nejsou. Výkonové zesílení takto upraveného zesilovače je potom 20 ± 3 dB v pásmu 175 až

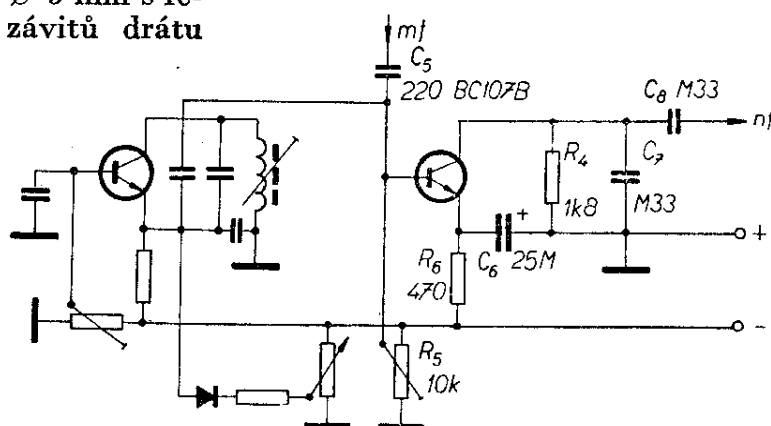


Obr. 72. Záznějový oscilátor

vlastně připojena paralelně ke kondenzátoru C_4 . Napětí k ovládání kapacitní diody se přivádí přes potenciometr P_1 (asi 10 k Ω), jímž lze ladit BFO v potřebném rozmezí. BFO pracuje uspokojivě při napětí 1,5 až 12 V. Vzhledem k tomu, že amplituda kmitů je při vyšších napájecích napětích značná, je třeba zmenšit v takových případech kapacitu kondenzátoru C_2 , 200 pF tak, aby signál BFO, jenž se vede do mf zesilovače, nebyl příliš velký, neboť pak by slabé telegrafní vysílače zůstávaly neslyšitelné.

K příjmu signálů SSB slouží zapojení na obr. 73. Skládá se z BFO, jenž je použit jako oscilátor nosné a z product-detektoru, pracujícího jako směšovač. BFO je stejného zapojení jako na obr. 71, product-detektor je osazen tranzistorem T_2 – BC107. Signál z BFO se vede přes kondenzátor C_2 , 220 pF, stejně jako signál z mf zesilovače (přes C_5), na bázi tranzistoru T_2 . Pracovní bod tranzistoru se nastavuje trimrem R_5 , 10 k Ω . Kondenzátor C_7 svádí zbytky vf napětí z kolektoru tranzistoru na zem. Výstup nízkofrekvenčního signálu je přes kondenzátor C_8 , 0,33 μ F.

Cívka L_1 má na kostře o \varnothing 5 mm s feritovým jádrem asi 200 závitů drátu



Obr. 73. Záznějový oscilátor a product-detektor

o \varnothing 0,2 mm² CuP v pěti vrstvách na sobě; musí mít indukčnost 0,3 mH s jádrem, zasahujícím asi do poloviny dutiny cívky.

Funktechnik č. 8/1968.

Různě aplikovaná elektronika

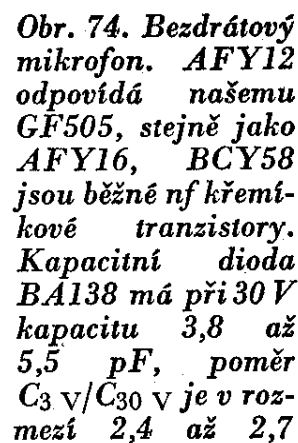
Bezdrátový mikrofon

Tzv. bezdrátové mikrofony jsou v podstatě zesilovače mikrofonního signálu, spojené s vysílačem. Protože tento druh mikrofonů bývá většinou používán v uzavřených prostorech a předpokládá se tedy malá vzdálenost vysílače mikrofonu od přijímače, lze říci, že většina bezdrátových běžně používaných mikrofonů má malé vysílací výkony a používá běžné (v zahraničí) tranzistory.

Vf část bezdrátového mikrofonu (obr. 74) se skládá z dokonale odstíněného oscilátoru T_1 , jenž se napájí stabilizovaným napětím. K oscilátoru je navázán zesilovací stupeň. Toto dvoustupňové uspořádání zajišťuje dobrou kmitočtovou stabilitu a minimální vyzařování vyšších harmonických kmitočtů.

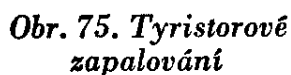
Kmitočet oscilátoru lze měnit v okolí jmenovitého vysílacího kmitočtu 150 MHz kapacitním trimrem C_1 , 30 pF.

Třístupňový zesilovač modulátoru má velký vstupní odpor, neboť je určen pro použití krystalového mikrofonu. Kmitočtovou modulaci základního signálu zabez-



Das elektron international č. 3, 4/1968

Tranzistorový měnič T_1, T_2 má mezi kolektory zapojeno rozdělené sekundární vinutí běžného síťového transformátoru ke žhavení elektronek. Činností měniče vzniká na dalším vinutí, označeném na obrázku 115 V, napětí asi 270 V (jde opět o vinutí síťového transformátoru, např. část primárního vinutí).



Střídavé napětí 270 V usměrňují diody D_1 až D_4 . Usměrněným napětím se nabíjí kondenzátor C_1 .

Kondenzátor se vybíjí přes primární vinutí zapalovací cívky při uvedení tyristoru do vodivého stavu. Do vodivého stavu se tyristor uvede činností přerušovače, kdy napěťový impuls, jenž projde paralelním spojením diody D_5 a odporu R_6 v sérii s kondenzátorem C_3 na řídicí elektrodu tyristoru bude kladnější než napětí katody tyristoru.

Napěťový impuls v primárním vinutí zapalovací cívky vyvolá vysokonapěťový impuls v sekundárním vinutí, jímž se zapaluje výbušná směs ve válci.

Tranzistory jsou libovolné spínací nebo nf tranzistory s kolektorovou ztrátou 80 W, tyristor je typ na 400 V s maximálním proudem 1 A. Diody jsou na 400 V, pro maximální usměrněný proud 0,5 A.

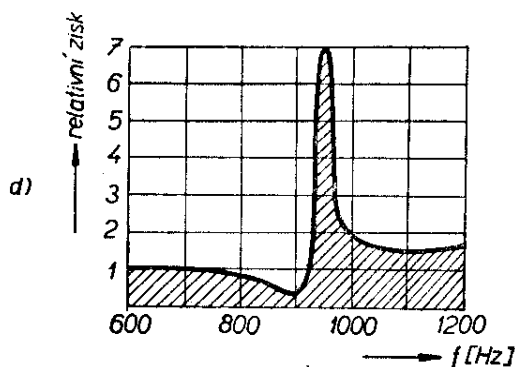
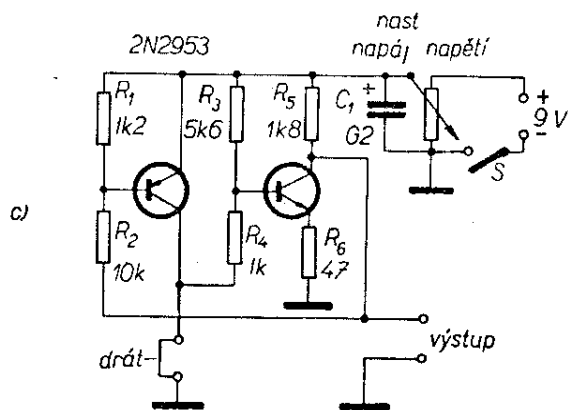
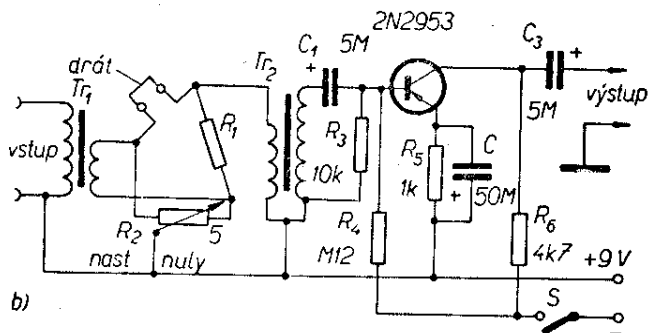
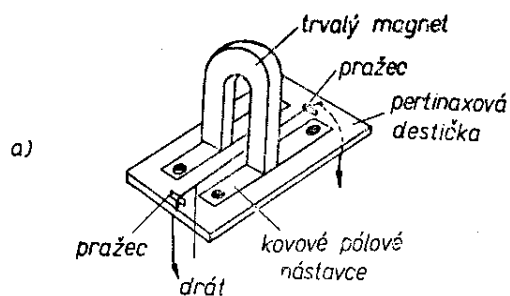
Protože při činnosti tyristoru vzniká velmi mnoho rušivých vedlejších produktů, je třeba při používání rozhlasového přijímače v autě dokonale stínit celou konstrukci a dobře odrušit celé vozidlo.

Tvrdí se, že použití tyristorového zapalování přináší podstatné úspory pohonných hmot a velmi prodlužuje životnost přerušovače. Pokud je mi známo, u nás se dosud nepodařilo zkonstruovat tyristorové zapalování s tuzemskými součástkami tak, aby pracovalo uspokojivě, i když se touto problematikou zabývalo několik výzkumných pracovníků.

Electronics World č. 11/1967

Kmitající drát - nf filtr a oscilátor

Na obr. 76a je zajímavý přístroj - měděný drát (nebo drát ze slitin niklu), natažený přes pražce a vedený mezi pólovými nastavci trvalého magnetu. „Přístroj“ má velmi zajímavou vlastnost - především slouží jako nf pásmová propust s extrémně úzkou šířkou pásma 1 až 2 Hz. V okolí kmitočtu 1 000 Hz, kde má drát rezonanční kmitočet, má jakost Q asi 600 (i více). Proti běžným filtrům LC i RC , různým článkům T apod., jež mají jakost maximálně 90, je to vzhledem k jednoduchosti a šířce přenášeného pásma přinejmenším zajímavé.



Obr. 76. Kmitající drát jako nf filtr a oscilátor. Uspořádání drátu mezi pólovými nastavci trvalého magnetu (a), úzkopásmový zesilovač (b), propustná křivka zesilovače (d), nf oscilátor (c)

Jako úzkopásmový zesilovač lze kmitající drát použít podle zapojení na obr.

76b. Obvod má na vstupu můstek, který se vyváží při jakémkoli kmitočtu (kromě rezonančního kmitočtu drátu); při vyváženém můstku neprojde obvodem žádný signál jiného kmitočtu, než je rezonanční kmitočet drátu, neboť při rezonanci se poruší rovnováha můstku.

Transformátory Tr_1 a Tr_2 mohou být libovolné výstupní transformátory, např. z tranzistorových přijímačů. Tranzistorový zesilovač vyrovnává ztráty propustě. Zisk obvodu od vstupu na výstup je asi 4.

Kmitající drát se může použít i jako

oscilátor (obr. 76c). Obvod kmitá na kmitočtu asi 1 000 Hz a je samozřejmě poněkud neobvyklý – neobsahuje ani jeden kondenzátor (kromě napájecí části) a ani jednu cívku.

Vydavatel zřejmě neodolal a kmitající drát vyzkoušel: „Je to zajímavé, jednoduché a chodí to“, to je jeho stručný komentář na závěr článku. Výsledky, které získal při měření drátu jako pásmové propusti jsou na obr. 76d.

Radio-Electronics č. 5/1968

Konstrukční část

Stabilizovaný zdroj stejnosměrného napětí 6 až 20 V

V první části tohoto čísla RK jsme dosti důkladně probrali základní obvody a prvky stabilizovaných zdrojů stejnosměrného napětí. Všechny teoretické výklady jsou uplatněny při konstrukci tohoto zdroje. Zdroj je v rozmezí 6 až 17 V velmi stabilní, lze z něj odebírat krátkodobě proud 2 A (doba závisí na chlazení koncových tranzistorů), má hrubou i jemnou regulaci výstupního napětí, indikaci odebíraného proudu a nastaveného napětí, dobrou filtraci a co je podstatné, je vzhledem ke svým vlastnostem velmi jednoduchý. Protože se ve zdroji používají velmi drahé křemíkové tranzistory, zkonstruoval jsem

k němu i elektronickou pojistku u nás zatím neuveřejněné koncepce.

Technické údaje

Výstupní napětí: 6 až 20 V.

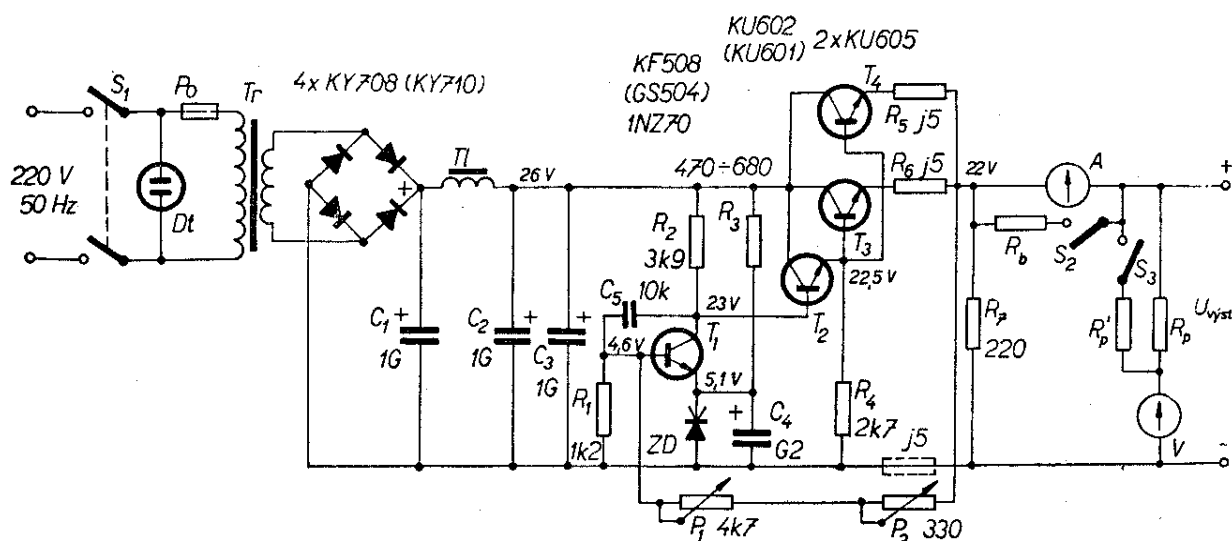
Výstupní proud: max. 2 až 3 A, podle chladiče.

Indikace sítě: doutnavka.

Indikace výstupního proudu a napětí: dvě měřidla DHR5.

Vnitřní odpor: závisí na použití pojistky, vždy je menší než $0,5 \Omega$.

Stabilizace: 6 až 17 V – max. změna výstupního napětí $-0,3$ V, 17 až 20 V do odběru 1 A – pokles výstupního napětí až o 1,75 V, větším odběrem se pokles rychle zvětšuje.



Obr. 77. Stabilizovaný zdroj stejnosměrného napětí

Popis zapojení

Střídavé napětí ze sekundárního vinutí síťového transformátoru se usměrňuje polovodičovými diodami v Graetzově zapojení (obr. 77). Usměrněný pulsující proud je vyhlazen kondenzátory C_1 , C_2 , C_3 a vyhlazovací tlumivkou. Vlastním porovnávacím obvodem stabilizátoru je obvod tranzistoru T_1 , na němž se porovnává jednak referenční napětí dané Zenerovou diodou a vzorek výstupního napětí, přiváděný z emitoru koncových tranzistorů na bázi T_1 . Rozdílem obou napětí se řídí činnost tranzistoru T_1 , na jehož kolektor je připojena báze regulačního tranzistoru T_2 – jde o Darlingtonovo zapojení tranzistorů T_2 a T_3 , kde T_3 je pro možnost odběru většího proudu „zdvojen“ (T_3 a T_4). Odpor R_7 slouží jako předzátěž. Při konstrukci bychom neměli vynechat kondenzátor C_5 , i když neslouží vlastní činnosti zdroje. Kondenzátor představuje totiž zkrat pro vyšší kmítočty – zabráňuje rozkmitání tranzistoru T_1 . Při této příležitosti bych chtěl upozornit na možnost chybných výsledků při měření křemíkových tranzistorů měřičem Tesla BM372 – měříme-li křemíkové tranzistory, je třeba uspořádat měření tak, aby tranzistory měly co nejkratší přívody. V opačném případě se velmi často stává, že se tranzistory rozkmitají a výsledky měření tím jsou zcela zkresleny.

Jako tranzistor T_1 se používá z nedostatku jiných křemíkových tranzistorů (jež by byly vhodnější) vf typ KF508. Jako T_1 byl zkoušen i spínací tranzistor Tesla GS504 (mimotoleranční), který vyhověl stejně dobře. Při použití tohoto tranzistoru pozor! Nemá vývody uspořádány tak, jak je běžné, tj. v pořadí emitor, báze, kolektor, nýbrž naopak, kolektor, báze, emitor (směrem od vodičího kolíku)! Zenerova dioda je typu 1NZ70, čím menší bude mít Zenerovo napětí, tím bude spodní hranice výstupního napětí nižší. Důležité je, aby napětí Zenerovy diody bylo skutečně konstantní (závisí na tom stabilita výstupního napětí). Proto při uvádění přístroje do chodu zkusíme měnit odpor R_3 tak dlouho, až Zenerovou diodou poteče takový proud, při němž bude U_Z co nejstálější. Obvykle je třeba, aby I_Z byl

alespoň 30 mA ($I_{Z \max}$ pro 1NZ70 je 100 mA).

Jako budicí tranzistor Darlingtonova zapojení je typ KU602. Lze použít i jiné křemíkové tranzistory s dovolenou kolektorovou ztrátou asi kolem 5 W. Koncové tranzistory jsou KU605; dovolují uvedený odběr proudu a jsou umístěny na chladiči. Koncové tranzistory mají v emitorech malé odpory (aby byly výstupním proudem zatíženy stejnoměrně).

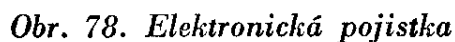
Bez znatelného zhoršení zvlnění výstupního napětí, především při odběru proudu do 1 A, lze vypustit ze zapojení tlumivku a místo C_1 , C_2 , a C_3 použít jeden filtrační elektrolytický kondenzátor s kapacitou 4 000 až 5 000 μF .

Odpor R_7 je tzv. předzátěž; o volbě jeho velikosti jsme pojednali v kapitole o napájecích zdrojích. Jako měřič výstupního proudu slouží měřidlo 100 mA, které má k měření větších proudů připojen bočník R_b . Bočník se připojuje paralelně k měřidlu spínačem S_2 . K měření napětí slouží upravené měřidlo k měření střídavého napětí 6 V, u něhož jsem odstranil usměrňovací článek a předřadným odporem upravil rozsahy měření do 10 V (spínač S_3 sepnut) a do 30 V.

K měření proudu a napětí by bylo možno použít pouze jedno měřidlo a přepínat u něho jak měřicí rozsahy, tak i druh měření (V, A). K některým účelům by tato úprava vyhověla (především tehdy, nastavíme-li určité napětí a pak kontrolujeme pouze odběr proudu).

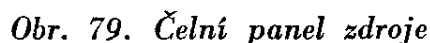
Elektronická pojistka

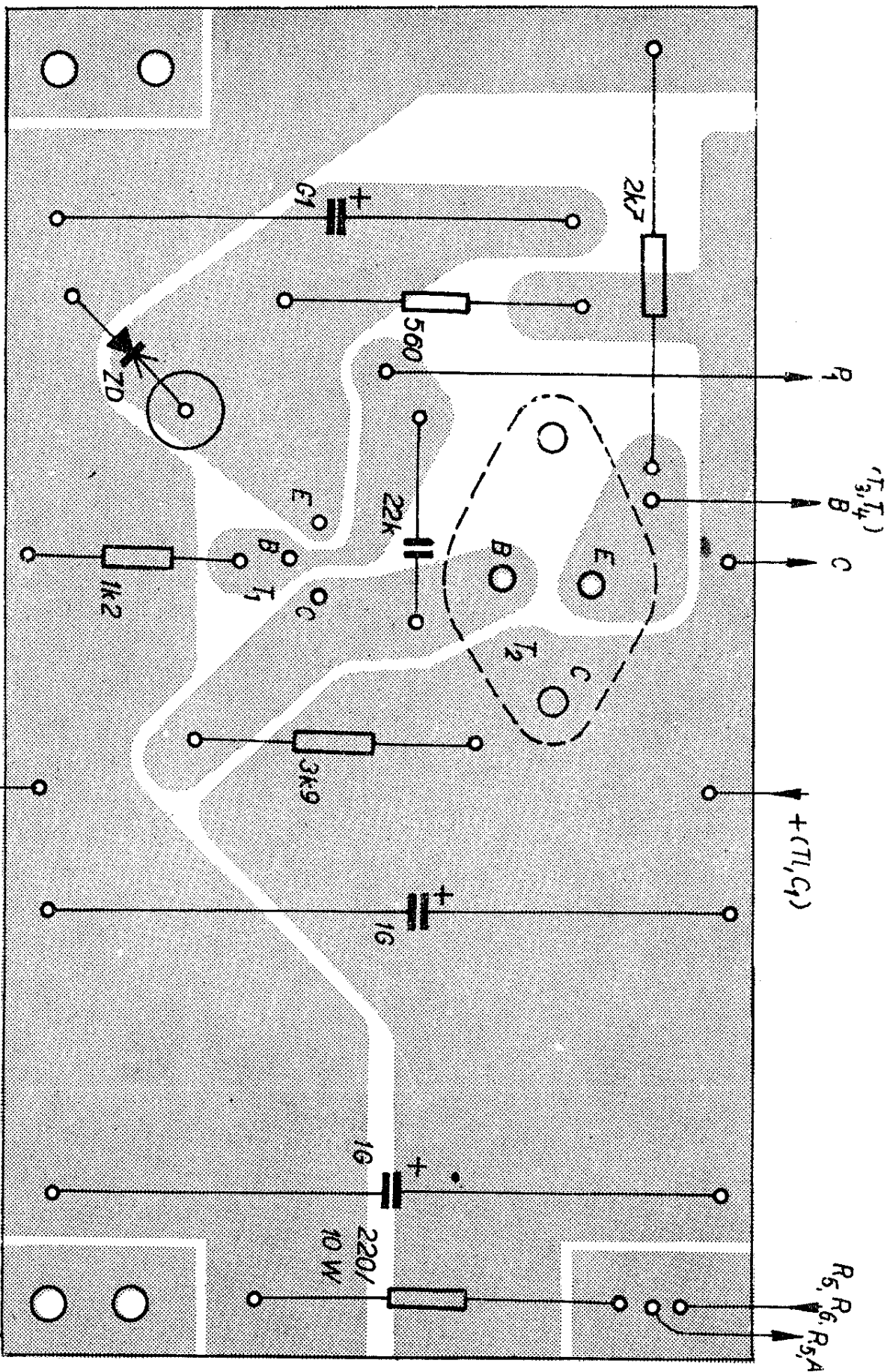
Jako pojistka se používá tyristor (obr. 78). Tento typ pojistky je velmi vhodný, neboť lze přesně nastavit proud, při němž pojistka zdroj vypne. Její nevýhodou je však základní vlastnost tyristoru – tyristor totiž setrvává v sepnutém stavu, i když pominou podmínky, za nichž sepnul, tzn. tyristor vede, i když je zkrat (nebo příčina zvětšeného odběru proudu, na který je pojistka nastavena) odstraněn. Tyristor se do nevodivého stavu dostane opět buď tak, že se celý zdroj vypne, nebo se musí přerušit přívod k anodě tyristoru (což však v tomto případě není



vého stavu tyristoru, indikační žárovka (jež se rozsvítí při sepnutí tyristoru a indikuje tak uvedení pojistky do provozu) zhasne a zdroj je opět připraven k běžnému provozu. Nabití kondenzátoru trvá velmi krátkou dobu, asi necelou vteřinu, při zmáčknutí tlačítka se tyristor uvede do nevodivého stavu za několik mikrosekund. Je samozřejmé, že tuto pojistku lze s malými změnami použít v libovolném napájecím zdroji (podle napětí za usměrňovacími diodami použijeme různé velký odpor, který je zapojen v sérii s tyristorem a žárovkou tak, aby podle druhu žárovky tekla obvodem proud, na nějž je žárovka dimenzována. Lze také použít i jinou žárovku na větší napětí apod.). Při napětí za usměrňovacími diodami kolem 50 V lze zvětšit odpor 3,2 MΩ až na 20 MΩ a zmenšit kapacitu až na 27 nF. Co je však důležité – kondenzátor nesmí být keramický, nejvhodnější je styroflexový nebo polystyrenový typ, na dovoleném napětí nezáleží (stačí, je-li na napětí větší než 40 V).

Zdroj je v podstatě rozdělen na tři základní díly. Jedním je kovové šasi, na němž je síťový transformátor, vyhlazovací tlumivka, první filtrační elektrolytický kondenzátor, usměrňovací diody





Obř. 80. Destička s plošnými spoji řídicí části zdroje SMA-
RAGD C 34 (kondenzátor 22k má být 10k, G1 má být G2)

a dvojice koncových tranzistorů na chladiči. Druhou částí je řídicí jednotka s tranzistory T_1 a T_2 , jež je na destičce s plošnými spoji (obr. 80). K této řídicí jednotce patří významem i potenciometry k jemné a hrubé regulaci výstupního napětí P_1 a P_2 , obě měřidla, tlačítko pojistky a indikační prvky – síťová doutnavka a žárovka pojistky. Tyto prvky jsou umístěny spolu se spínači na čelním panelu (obr. 79). Tyristorová pojistka je na samostatné destičce s plošnými spoji (obr. 81). Protože se nepředpokládá, že bude pojistka zapnuta po delší dobu, jsou odpory v pojistce miniaturní, na zatížení 0,01 W.

Seznam součástek

Odpory:

| | |
|---------------------------|--|
| R_1 1,2 k Ω | R_5, R_6 0,5 Ω (část drátového odporu 4,7 Ω /10 W, |
| R_2 3,9 k Ω | TR626, navinutá na tělís- |
| R_3 470 až 680 Ω | ku libovolného odporu |
| R_4 2,7 k Ω | 0,5 W) |
| | R_7 220 Ω , TR508, 10 W |

Odpory R_1 až R_4 jsou na zatížení 1 W, TR116 nebo TR103.

Bočník R_b a předřadné odpory R_p a R'_p podle použití měřidla.

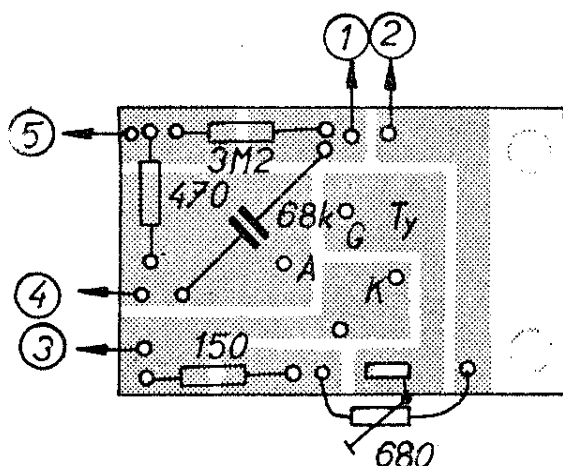
Kondenzátory:

| |
|---|
| C_1 elektrolytický 1 000 μ F/30 V |
| C_2, C_3 elektrolytický s osovými vývody 1 000 μ F/30 V |
| C_4 elektrolytický 200 μ F/6 V |
| C_5 10 nF/400 V, TC173 |

Potenciometry: P_1 drátový 4,7 k Ω , WN69050, 3 W
 P_2 drátový 330 Ω , WN69170

Diody: 4 \times KY708 nebo KY710
 Zenerova dioda 1N270

Tranzistory: T_1 KF508 (popř. GS504)
 T_2 KU602 (KU601)
 T_3, T_4 KU605



Obr. 81. Destička s plošnými spoji tyristorové pojistky SMARAGD C 35

Ostatní součástky:

Dvoupólový spínač, dva jednopólové spínače, pojistkové pouzdro, síťová doutnavka, dvě měřidla DHR5, síťový transformátor se sekundárním vinutím 20 V, 3 A, (v mém případě byl síťový transformátor navinut na jádře EI 25 \times 35 mm, plechy skládány střídavě. Primární vinutí má 1 140 závitů drátem o \varnothing 0,4 mm, sekundární vinutí má 110 závitů (nebo co se vejde do okénka) drátem o \varnothing 1 mm, sekundární napětí je asi 20,3 V), vyhlazovací tlumivka (na jádru EI25 s tloušťkou středního sloupku 25 mm se vzduchovou mezerou 0,5 až 1 mm, drátem o \varnothing 0,7 až 1 mm CuP navinout plnou cívku, indukčnost asi 35 až 40 mH), výstupní zdířky, síťová šňůra, chladič koncových tranzistorů (podle požadovaného trvalého výstupního proudu, výpočet je např. v AR 3/68, str. 98). Jako chladič lze použít i kovové šasi zdroje, připevní-li se na ně tranzistory izolovaně.

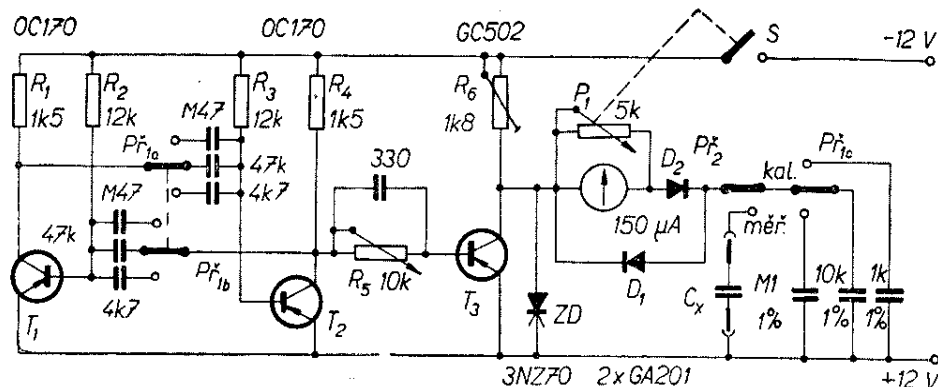
Při použití elektronické pojistky se počet součástek rozšíří ještě o odpory 3,2 M Ω , 470 až 560 Ω , 150 Ω , drátový odpor 0,5 Ω (získáme stejným způsobem jako odpory R_5 a R_6 v emitorech koncových tranzistorů zdroje), odporový trimr 680 Ω , kondenzátor 68 nF, TC180 nebo jiný typ (ne keramický!), tyristor KT501, žárovka 6 V, 50 mA. Odpory jsou miniaturní, tyristor je v objímce pro tranzistory, tlačítko je libovolné s jedním spínacím kontaktem.

Závěrem ještě jednu poznámku. Odpor 0,5 Ω , na němž vznikajícím úbytkem napětí se uvádí v činnost elektronická pojistka, lze umístit do libovolného místa v záporné větvi zdroje. Umístí-li se tak, jak je naznačeno čárkovane na obr. 77, spíná pojistka pouze při zvětšení výstupního proudu nad požadovanou hranici, umístí-li se v záporné větvi např. mezi kondenzátor C_1 a C_2 , chrání i vlastní zdroj a jeho součástky při náhodných poruchách uvnitř zdroje – (poražení tranzistorů apod.).

Měřič kapacit a odporů

Při stavbě jakýchkoli elektronických přístrojů a zařízení se neobejdeme bez měřiče kapacit kondenzátorů a měřiče odporů. Měřit uvedené veličiny je třeba vždy, stavíme-li ze součástek, které máme již delší dobu „na skladě“ a nápisy jsou nečitelné, avšak bez významu nejsou tato měření ani u nových součástek. O použití těchto měřidel při opravách není třeba ztrácet slova – jejich význam je nesporný. Konečně odpory lze měřit různým způsobem (a vlastně i kondenzátory), např. různými můstkovými metodami, v praxi se však jako nejvýhodnější ukazuje přímoukazující měřič kapacit a odporů.

Obr. 82. Zapojení měřiče kapacit



Zapojení takového měřiče je na obr. 82 (měřič kapacit) a obr. 83 (měřič odporů). V kombinaci s napájecím zdrojem (obr. 84) je tento přístroj při své nenáročnosti velmi důležitým doplňkem každé domácí dílny.

Popis zapojení měřiče kapacit

Přístroj pracuje tak, že vnitřní oscilátor, kmitající na kmitočtu f , se používá k přepínání elektronického přepínače T_3 (obr. 82). V jedné poloze přepínače T_3 se kondenzátor přesně známé kapacity nabíjí definovaným napětím U . Ve druhé poloze přepínače se pak kondenzátor vybíjí přes měřidlo. Protože náboj kondenzátoru Q je úměrný součinu kapacity kondenzátoru a nabíjecího napětí a protože přepínač pracuje rychlostí úměrnou kmitočtu oscilátoru f ($= \frac{1}{t}$), je proud měřidlem při vybíjení kondenzátoru

$$I_m = \frac{Q}{t} = C U f.$$

Ze vztahu pro proud měřidlem vidíme, že proud je úměrný kapacitě a jsou-li napětí a kmitočet oscilátoru vhodně vybrány, lze dosáhnout toho, že při připojení kondenzátoru určité kapacity bude výchylka ručky měřidla plná. Nahradi-li nyní známý kondenzátor, po jehož připojení měla ručka měřidla plnou výchylku, kondenzátorem neznámé kapacity, bude výchylka ručky měřidla úměrná kapacitě tohoto kondenzátoru.

V zapojení na obr. 82 slouží jako oscilátor multivibrátor, jako přepínač tranzistor a přesné napětí se získává Zenerovou diodou ZD . Změna měřicích roz-

sahů se dosahuje změnou kmitočtu oscilátoru. Ze základního vztahu pro proud měřidlem je zřejmé, že čím citlivější bude měřidlo, tím menší bude nejmenší měřitelná kapacita. Čím větší budou pracovní (stálé) napětí a přepínací kmitočty, tím méně citlivé měřidlo lze použít k měření stejných kapacit, popř. tím nižší bude základní rozsah měření.

Všechny tyto skutečnosti vedly ke zvolení tří rozsahů měření kapacit kondenzátorů a to do 1 000 pF, do 10 nF a do 0,1 μ F. Největší kapacita, kterou lze měřit, je totiž dána jednak rozměry referenčního kondenzátoru a jednak i kolísáním ručky měřicího přístroje v rytmu měřicího kmitočtu (pro kapacitu 0,1 μ F je to kmitočet 100 Hz).

Tranzistory T_1 a T_2 tvoří běžný, křížově vázaný multivibrátor s členem RC v bázi. Kmitočet multivibrátoru je v jednotlivých polohách přepínače rozsahů asi 125 Hz, 1250 Hz a 12,5 kHz. Na kolektoru T_2 vzniká při činnosti multivibrátoru napětí obdélníkového průběhu, které řídí tranzistor T_3 . Jeho vlivem je na kolektoru T_3 buďto nulový potenciál nebo záporné napětí, dané velikostí Zenerova napětí diody ZD , v našem případě 7 až 8 V (tolerance Zenerova napětí diody 3NZ70). Zenerova dioda se používá proto, aby tyto dva stavy (stav kdy na kolektoru je nulový potenciál a stav, kdy je na něm maximální napětí) byly přesně definované.

Je-li tranzistor T_3 v nasyceném stavu, vybíjí se náboj kondenzátoru přes měřidlo, diodu D_2 a tranzistor T_3 . Ručka měřidla ukáže plnou výchylku úměrnou $Q/t = C U f$. Je-li tranzistor uzavřen, nevede-li, nabíjí se kondenzátor napětím —8 V, a to přes D_1 .

Nastavování kalibrace měřidla potenciometrem P_1 je velmi snadné – $Př_2$ přepneme do polohy „kalibrace“, $Př_1$ do polohy, odpovídající kapacitě kondenzátoru, který chceme měřit a změnou polohy běžce potenciometru nastavíme plnou výchylku měřidla. Měřidlo je třeba kalibrovat vždy při přechodu na jiný rozsah.

Přesnost měřidla závisí na přesnosti referenčních kondenzátorů. Protože kondenzátory potřebné přesnosti nejsou na trhu, vybral jsem na laboratorním můstku z většího počtu kondenzátorů ty, jejichž kapacita byla přesně 1000 pF, 10 nF a 0,1 μ F. Dosažená přesnost přístroje je při uvedené koncepci vedení spojů (na obr. 96) asi 3 %, což je pro běžnou praxi zcela vyhovující.

Nastavování

Především nastavíme odporovým trimrem R_6 , 1,8 k Ω , takový proud Zenerovou diodou, při němž je Zenerovo napětí stálé (pozor, měříme-li napětí na kolektoru T_3 za provozu multivibrátoru, naměříme běžnými ručkovými měřidly poloviční napětí U_Z , neboť ručka měřidla nestačí sledovat změny napětí mezi maximem a nulou a změří jejich střední hodnotu). Uvedeme do činnosti multivibrátor a odporovým trimrem R_5 , 10 k Ω nastavíme takovou velikost napětí obdélníkového průběhu, při níž bude tranzistor T_3 spolehlivě spínat. V případě, že by rozkmitání multivibrátoru dělalo potíže, lze v malých mezích změnit odpory v bázích T_1 a T_2 (v rozmezí asi 8,2 až 15 k Ω). Pak již při připojení přesného kondenzátoru (např. 1 nF) a první poloze P_1 (zařazený kondenzátor 4,7 nF) musí jít kalibračním potenciometrem nastavit plnou výchylku ručky měřidla. Tím je nastavování skončeno. Pak při připojení kondenzátoru neznámé kapacity do zdírek ukáže měřidlo výchylku úměrnou kapacitě neznámého kondenzátoru.

Seznam součástek

Měřič kapacit je zapojen na destičce s plošnými spoji (obr. 96). Všechny odpory a kondenzátory jsou běžné tolerance (10 %), kromě referenčních kondenzátorů, na jejichž přesnosti závisí přesnost celého přístroje.

Odpory:

R_1, R_4 1,5 k Ω R_5 odporový trimr 10 k Ω
 R_2, R_3 12 k Ω R_6 odporový trimr 1,8 k Ω

Kondenzátory: 4,7 nF, 47 nF a 0,47 μ F po dvou kusech, libovolné, s libovolnou tolerancí; 330 pF, libovolný, s libovolnou tolerancí; referenční kondenzátory 1 nF, 10 nF, 0,1 μ F s tolerancí 1 %, libovolné provedení.

Diody: D_1 a D_2 2 \times GA201 (nebo podobné germaniové diody pokud možno s malým odporem v propustném směru; křemíkové diody nejsou vhodné)
 ZD Zenerova dioda 3NZ70

Tranzistory: T_1 a T_2 2 \times OC170 (OC169)
 T_3 GC502

Měřidlo: Metra Blansko 150 μ A, MP120

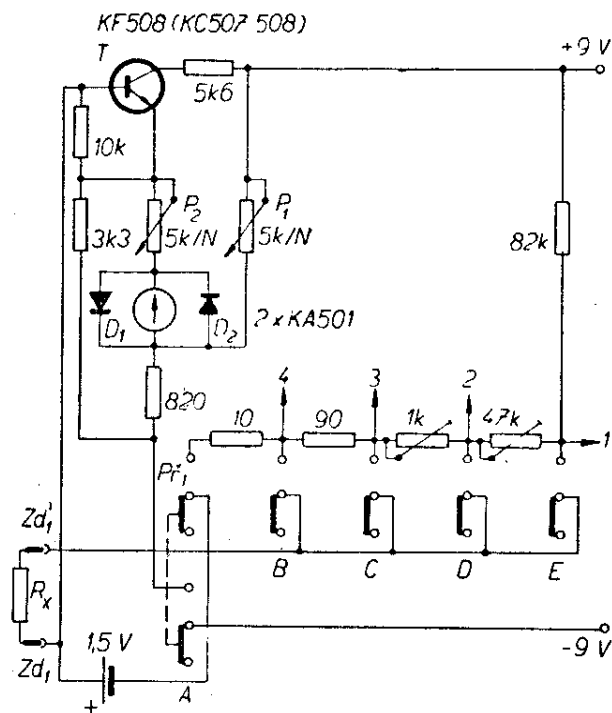
Ostatní součástky:

P_1 potenciometr se spínačem 5 k Ω , lineární
 $Př_1$ třípatrový, třípolohový přepínač nebo tlačítková souprava
 $Př_2$ jednopatrový dvoupolohový přepínač
 Po mechanické stránce je měřič kapacit spojen do měřicího celku s měřičem odporů.

Měřič odporů

Zapojení měřiče odporů je na obr. 83. Zapojení sestává z vlastního měřicího obvodu a zesilovače pro měřidlo. Ve vlastním měřicím obvodu je bočník pro nejmenší měřicí rozsah rozdělen a při jednotlivých měřicích rozsazích slouží buď jako bočník nebo jako sériový odpor. Tímto odporem je celý měřicí okruh uzavřen – podle velikosti měřeného odporu ukazuje pak přístroj větší nebo menší výchylku.

Zesilovač pro měřidlo se skládá z tranzistoru T , odporů v bázi 10 k Ω , 3,3 k Ω a odporu v kolektoru 5,6 k Ω . Měřicí přístroj je zapojen v emitorovém obvodu tranzistoru. Potenciometrem P_2 se nastavuje maximální výchylka měřidla, potenciometrem P_1 nula (při spojení zdírek Zd_1 a Zd_1' do krátka). Omezovací diody D_1 a D_2 slouží jako ochrana měřidla. Přesnost měřidla závisí na přesnosti nastavení odporů 10, 90, 1 000 a 47 000 Ω (odpory by měly být vybrány s tolerancí 1 %). Pro první tři rozsahy měřidla, tj. 5 k Ω , 50 k Ω a 0,5 M Ω je jedna společná stupnice, poslední rozsah je třeba oceňovat podle dobrého a přesného ohmmetru (nebo pomocí elektronkového voltmetru).



Obr. 83. Zapojení měřiče odporů

Nastavování

Po zapnutí přístroje přepínačem P_{1A} nastavíme potenciometrem P_1 maximální a potenciometrem P_2 (obr. 83) nulovou výchylku ručky přístroje (při zkratovaných vstupních svorkách). Pak pomocí přesných odporů ocechujeme stupnici měřidla a případnou změnou jednotlivých referenčních odporů zajistíme souhlas stupnice pro první tři rozsahy. Čtvrtý rozsah měření odporů vyžaduje jinou stupnici (lze ho popř. vynechat, neboť odpory používané v tranzistorové technice pouze zřídka převyšují hodnotu 0,5 MΩ). V případě, že nepoužijeme poslední rozsah, vynecháme odporový trimr 47 kΩ a zvětšíme odpor 82 kΩ na 0,1 MΩ.

Seznam součástek

Odpory: 10 kΩ, 3,3 kΩ, 820 Ω, 5,6 kΩ, 82 kΩ, miniaturní s běžnou tolerancí (5 až 10 %), 10 Ω, 90 Ω, 900 Ω, s tolerancí 1 %, nebo odporové trimry, odporový trimr 47 kΩ.

Potenciometry: P_1 5 kΩ, lineární
 P_2 5 kΩ, lineární

Diody: D_1, D_2 KA501

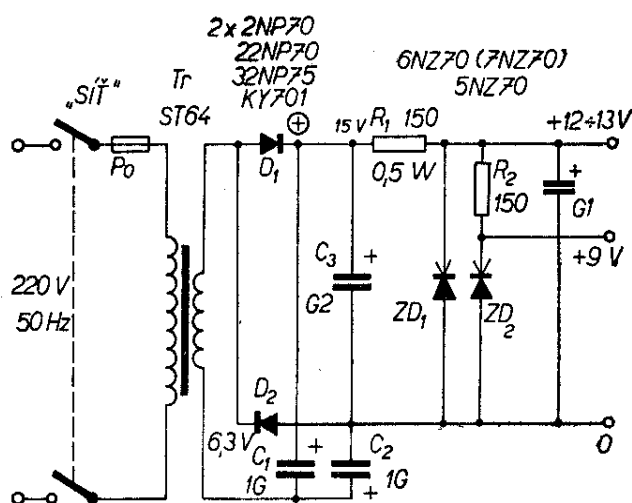
Tranzistor: T KF508 (KC507, KC508)

Jako přepínač slouží tlačítková souprava do televizních přijímačů z výprodeje. Měřidlo je stejné jako u měřiče kapacit, MP120, 150 μA, výrobce Metra Blansko.

Mechanická koncepce přístroje

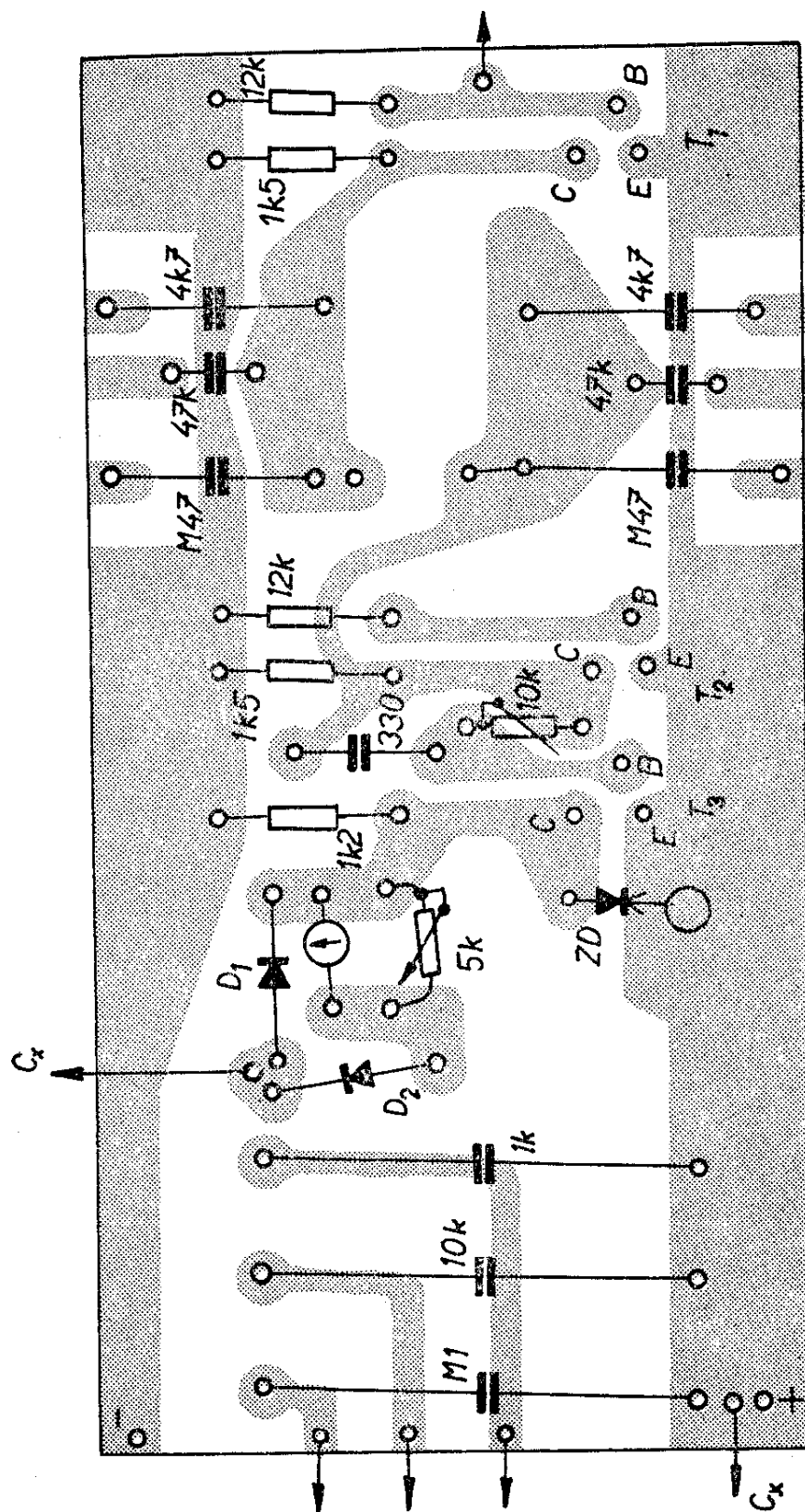
Měřiče kapacit a odporů jsou sdruženy do jedné mechanické jednotky a napájeny z usměrňovače se stabilizovaným výstupním napětím 12, popř. 9 V. Schéma zdroje je na obr. 84. V napájení ohmmetru se navíc používá jeden článek 1,5 V. Plošné spoje pro měřič kapacit jsou na obr. 85, pro měřič odporů na obr. 86 a pro síťový zdroj na obr. 88. Všechny použité součástky jsou běžné, síťový transformátor zdroje je typu ST64 (Jiskra) s výstupním střídavým sekundárním napětím 6,3 V; proto se jako usměrňovač používá zdvojovač napětí, aby výstupní stejnosměrné napětí mělo požadovanou velikost. Lze použít libovolný transformátor s výstupním napětím do 8 V (např. zvonkový reduktor). Napětím 12 až 13 V se napájí měřič kapacity, napětí 9 V se používá pro měřící zesilovač měřiče odporů.

Ovládací prvky jsou uspořádány na čelní desce přístroje podle obr. 89. Tlačítková souprava z výprodeje byla přidáním kontaktů upravena tak, aby bylo možno používat ji jednak k měření odporů, jednak k měření kondenzátorů. Dvojitý tlačítkový přepínač v horní části čelního panelu slouží k přepínání měřidla podle druhu měření (kapacity, odpory). Přepínač „kalibrace“ – „měření“ je upravený běžný vlnový přepínač, stačí však i obyčejný dvoupólový



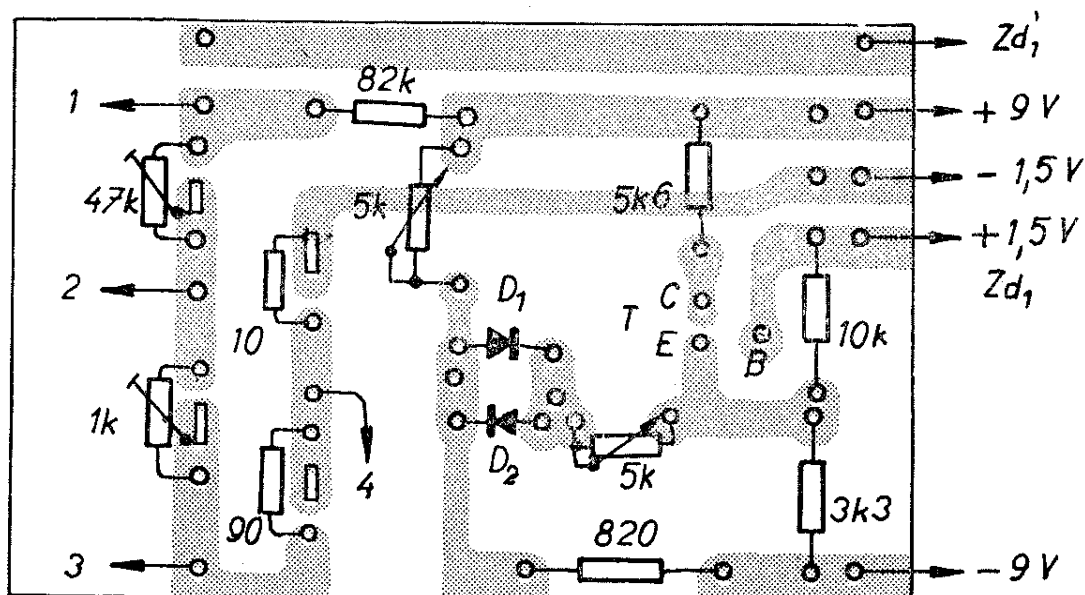
Obr. 84. Napájecí zdroj pro měřič kapacit a odporů

$$56 \cdot \frac{3}{69} R_K$$



Obr. 85. Destička s plošnými spoji měřice kapacit SMARAGD C 36

(Odpor R_6 byl po nastavení vyměněn za pevný odpor 1k2. Z konstrukčních důvodů bylo na plošných spojích změněno zapojení $P\check{r}_{1a}$ a $P\check{r}_{1b}$. Vývod C_x má být správně označen $P\check{r}_2$).

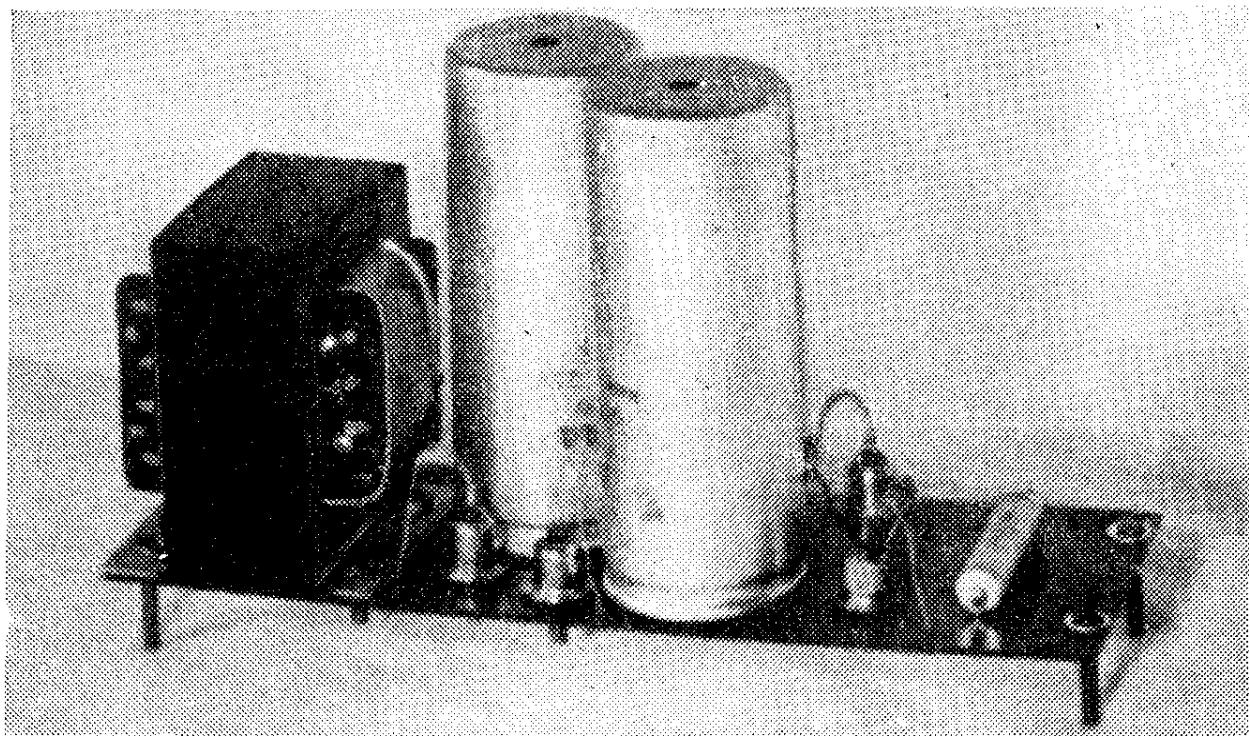


Obr. 86. Destička plošných spojů měřiče odporů SMARAGD C 37
(vývody na $-1,5\text{ V}$ a -9 V jdou přes přepínač. Vývod Zd_1 je rovněž zapojen na přepínač)

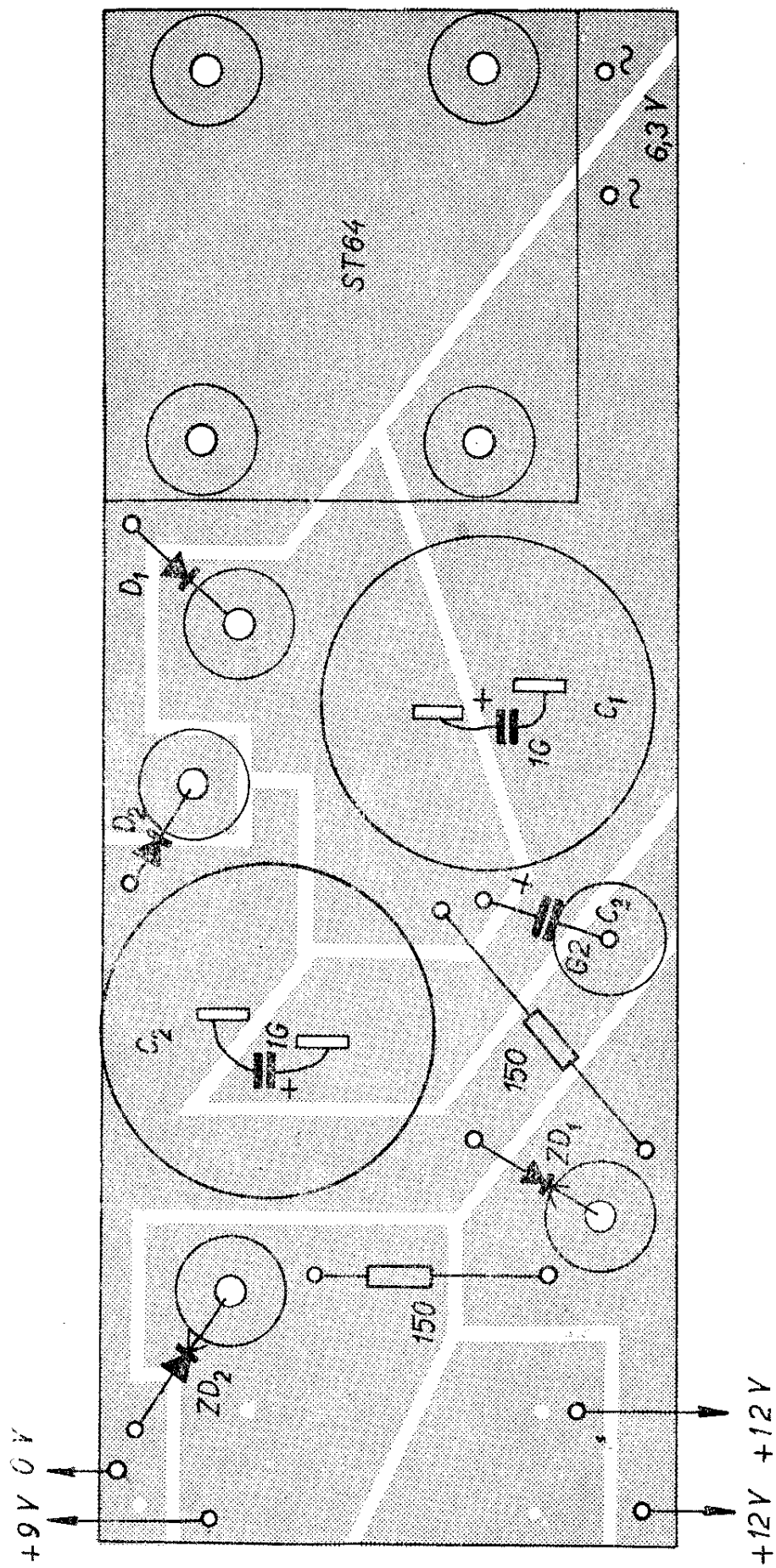
spínač. Přívod napájecího napětí pro měřič odporů se zapíná nejspodnějším tlačítkem soupravy k volbě rozsahů Pr_{1A} , pro měřič kapacit spínačem na potenciometru ke kalibraci měřidla.

Čelní panel je výhodné mírně sklonit horní částí směrem dozadu. Při ovládání

tlačítek je třeba totiž vyvinout dosti značnou sílu; v tomto případě však přístroj méně „ujíždí“. Pro použití tlačítkové soupravy jako přepínače rozsahů mluvilo pouze to, že „byla na skladě“ a snad také estetické důvody nejsou zanedbatelné (nedostatek vhodných knoflí-



Obr. 87. Vnější vzhled zdroje z obr. 84



Obr. 88. Destička s plošnými spoji zdroje z obr. 95 SMARAGD C 38

Technické vlastnosti a popis zapojení

Napájení: 12 V.

Spotřeba proudu: bez signálu asi 50 mA (závisí na nastavení trimru 68 Ω), při výstupním výkonu 2 W asi 230 mA.

Citlivost: pro výstupní napětí 3,6 V_{as} asi 4,5 mV (vstupní odpor 680 Ω).

Výstupní výkon: 2 až 2,2 W pro zkreslení 10 %.

Kmitočtová charakteristika:

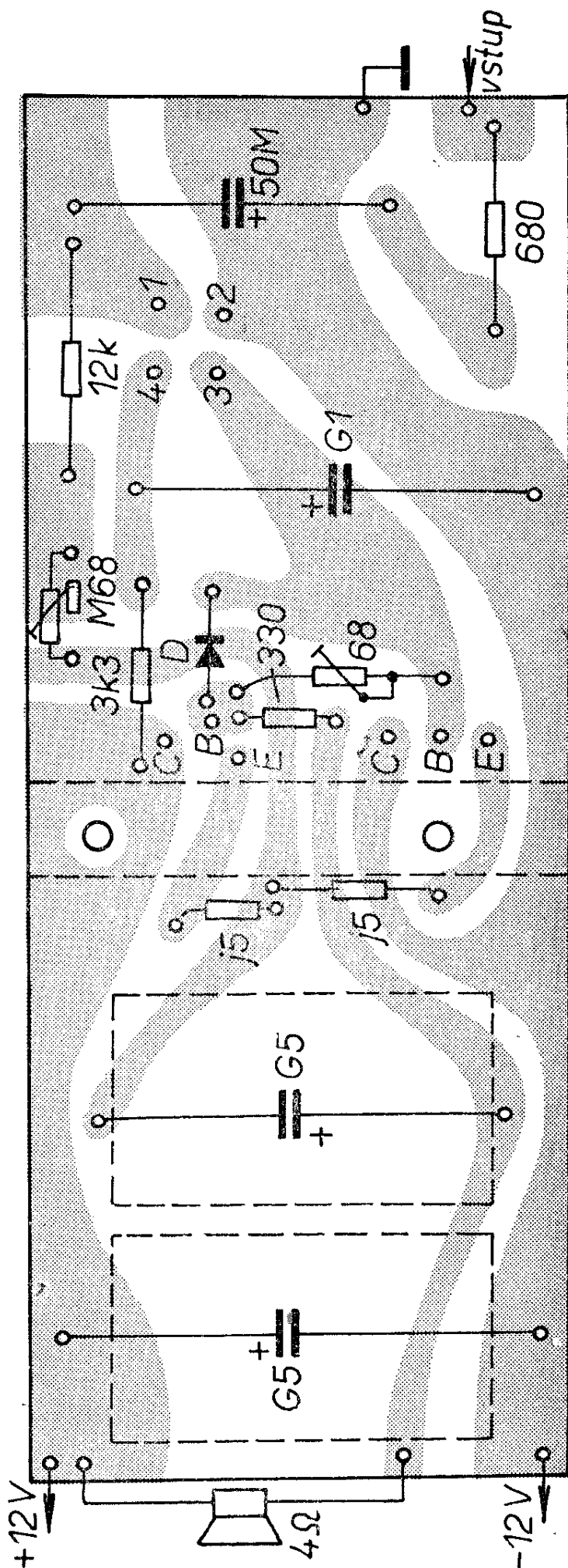
110 Hz až 25 kHz, ± 1 dB,

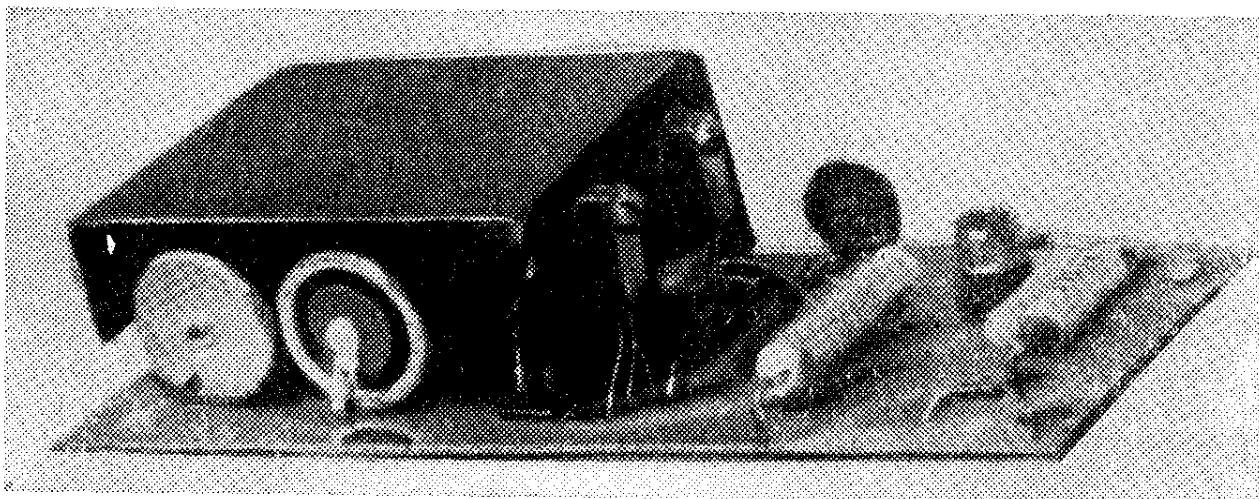
80 Hz až 50 kHz, ± 3 dB.

Kmitočtová charakteristika měřena při výstupním výkonu 100 mW.

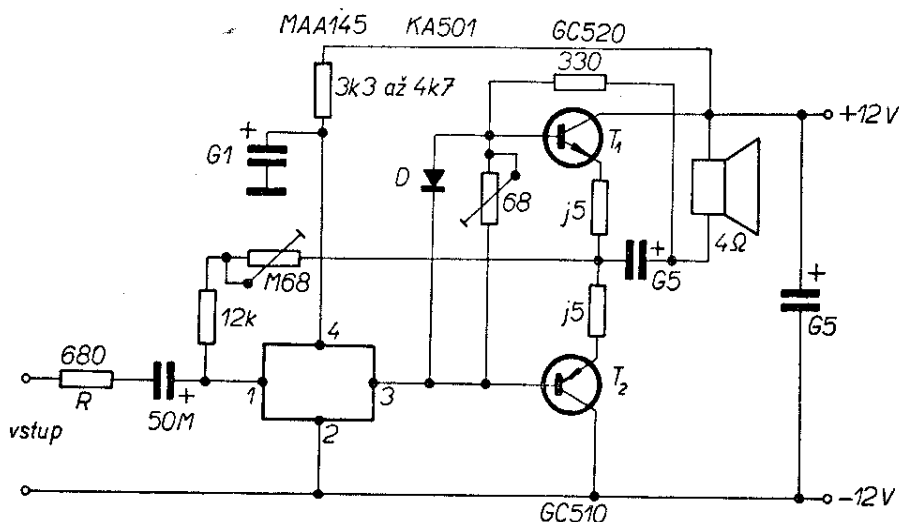
Vstupní odpor (680 Ω) zvětšuje vstupní odpor zesilovače a lze ho volit stejně jako kapacitu vstupního kondenzátoru podle požadavků na zesilovač. Čím větší je odpor R , tím je větší i vstupní odpor zesilovače; čím větší je kapacita vstupního kondenzátoru, tím lépe přenáší zesilovač spodní kmitočty akustického pásma. Vstupní odpor chrání současně integrovaný obvod před zničením (vybitím náboje vstupního elektrolytického kondenzátoru o velké kapacitě). Odporovým trimrem 680 k Ω se nastavuje maximální zesílení zesilovače, kontrolou správného nastavení je, je-li mezi emitory koncových tranzistorů a kladným pólem baterie asi poloviční napětí zdroje. Nastavení trimru 680 k Ω má vliv i na odběr koncových tranzistorů. Dioda D slouží teplotní stabilizaci koncových tranzistorů; je výhodné umístit ji tak, aby její pouzdro mělo kontakt s chladičem koncových tranzistorů. Klidový odběr tranzistorů lze řídit nastavením odporového trimru 68 Ω a odporem 330 Ω , trimrem lze nastavit i minimální zkreslení signálu při malých hlasitostech.

Při konstrukci je třeba upozornit na to, že různé integrované obvody Tesla mají i různé dovolené pracovní napětí. Pro MAA145, který je použit v originálním zapojení, je dovolené napájecí napětí do 12 V, u MAA125 7 V, u MAA115 pouze 4 V, přičemž jejich ostatní vlastnosti jsou zhruba stejné. V praxi to znamená, že chceme-li použít místo MAA145 integrovaný obvod MAA125, musíme zvětšit odpor 3,3 k Ω tak, aby na vývodu





Obr. 90. Destička s plošnými spoji zesilovače z obr. 100 SMARAGD C 39 (a, vlevo), vnější vzhled zesilovače (b, nahoře)



Obr. 91. Nf zesilovač 2 W s integrovaným obvodem

4 integrovaného obvodu nebylo napětí větší než 7 V.

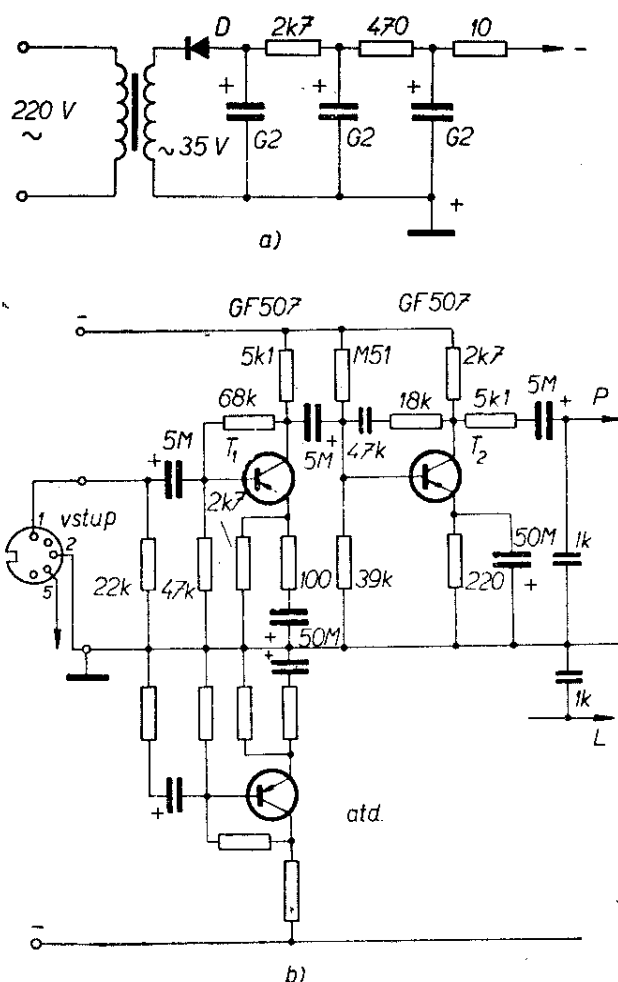
Odpory 0,5 Ω , jež jsou součástí „ochranného systému“ koncových tranzistorů, jsou navinuty odporovým drátem z běžně prodávaných drátových odporů na velké zatížení na tělisku odporu 0,25 W.

Destička s plošnými spoji zesilovače je na obr. 90a. Oba koncové tranzistory jsou na chladiči z hliníkového plechu, jehož tvar a umístění jsou zřejmé z fotografie na obrázku 90b a z obrázku plošných spojů. Hliníkový plech má tloušťku asi 2 mm a je odmaštěn, natřen černou tuší a přetřen tenkou vrstvou průhledného laku, jenž je po zaschnutí zdrsňen smirkovým papírem. Koncové tranzistory jsou i při maximálním výkonu pouze vlažné (při teplotě okolí asi 25 °C).

Stereofonní zesilovač pro magnetickou přenosku

Protože se v poslední době i u nás rozšířilo používání moderních a jakostních magnetodynamických vložek (např. Shure M44 apod.), najde jistě uplatnění i zapojení stereofonního předzesilovače s velkým vstupním odporem (asi 50 k Ω) a kmitočtovou charakteristikou odpovídající normě kmitočtových korekcí RIAA. Výstupní signál zesilovače (obr. 92) lze použít jako budicí signál pro všechny běžné druhy zesilovačů nebo rozhlasových přijímačů, které mají vstup pro krystalovou přenosku.

Zapojení je běžné, na obr. 92 je zakreslen pouze jeden kanál, druhý je přesně souměrný (pouze naznačen).



Obr. 92. Stereofonní předzesilovač pro magnetickou přenosku

(kondenzátor 1k má být zapojen mezi 5M a odpor 15k1).

Zesilovač má (podle použitých tranzistorů) zesílení asi 40, výstupní impedance je asi 1 k Ω , výstupní napětí přes 200 mV.

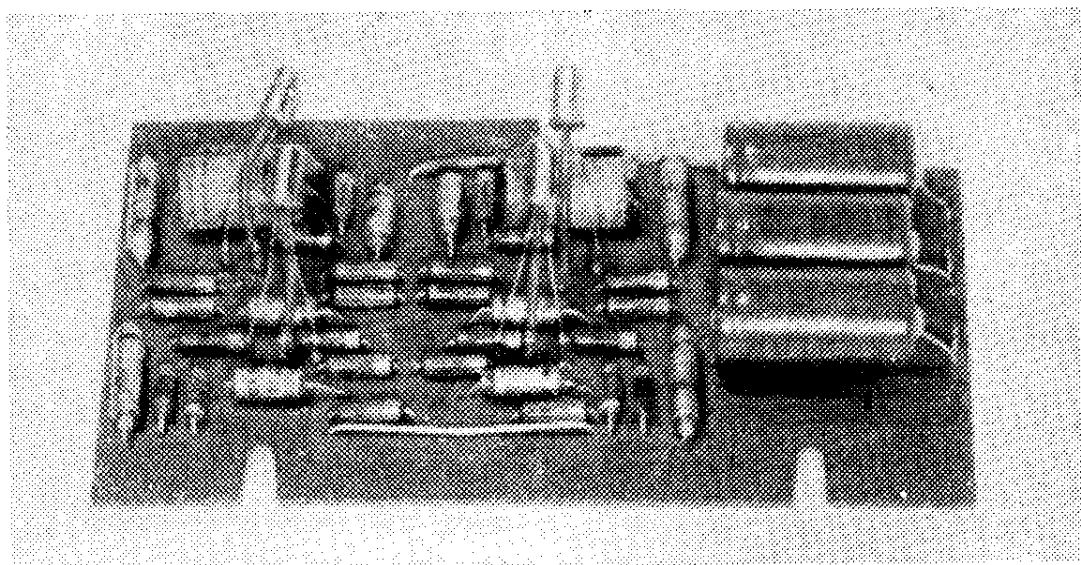
Použité součástky jsou zcela běžné, odpory jsou miniaturní, kondenzátory jsou svítkové, MP, elektrolytické kondenzátory jsou miniaturní na 6 nebo 10 V (ne speciální typy do plošných spojů). Dioda D je libovolný polovodičový usměrňovač pro napětí 35 V a proud asi 10 mA.

Celý zesilovač je na destičce s plošnými spoji (obr. 94). V rozích destičky jsou čárkovaně vyznačena místa pro přišroubování.

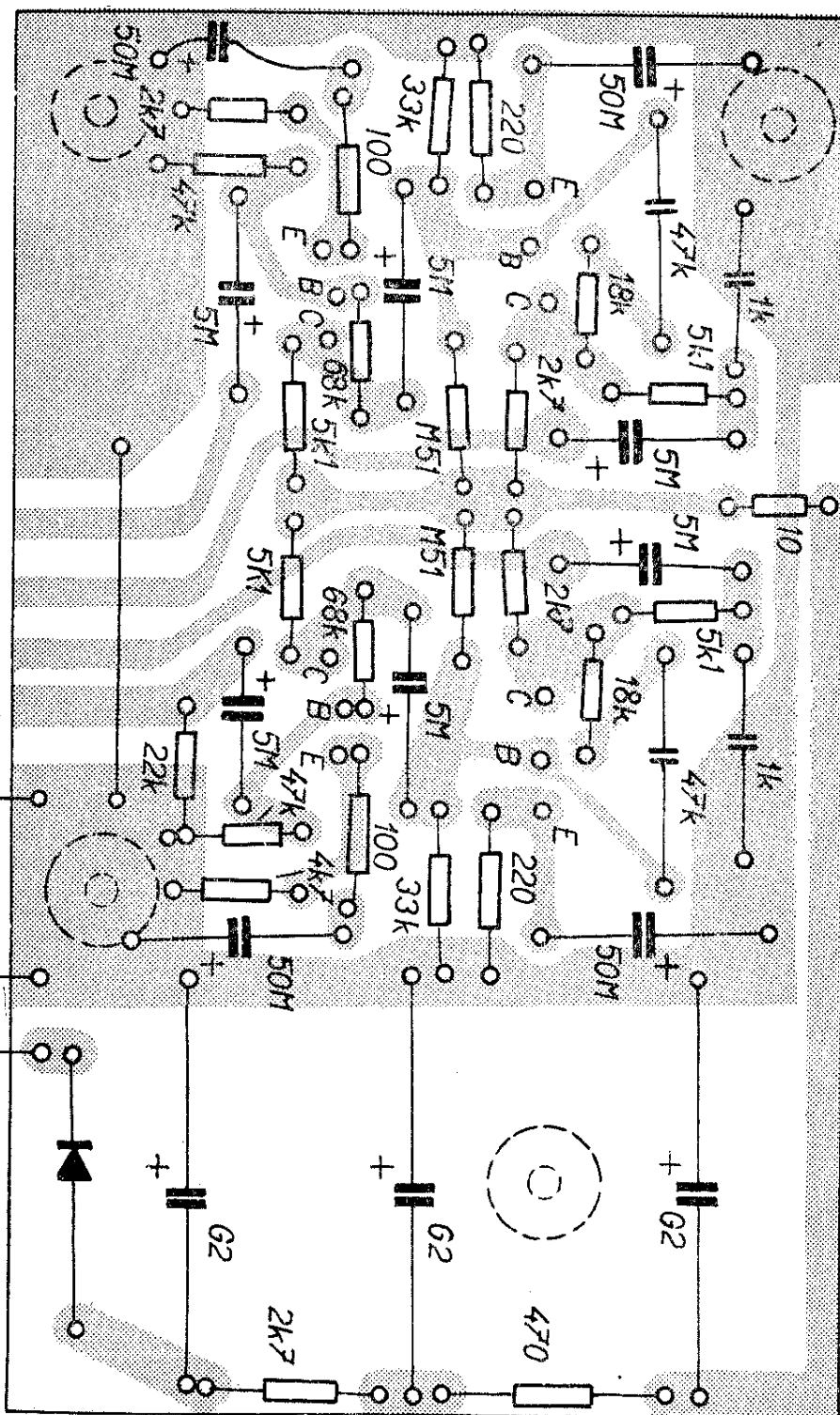
Při nastavování optimálního zesílení lze mírně měnit velikosti odporů v báзовých děličích, tj. odporů 0,51 M Ω a 68 k Ω .

Osazená destička připravená k montáži do zesilovače je na obr. 93. Někdy bývá výhodné (je-li gramofon umístěn ve větší vzdálenosti od zesilovače) uložit předzesilovač přímo do skříně gramofonového šasi. Pak budou vývody z přenosky připájeny přímo na vstup předzesilovače a výstup z předzesilovače je třeba udělat běžným stíněným vodičem s pětikolíkovou zástrčkou.

Předzesilovač byl zkoušen prakticky s přenoskou, v níž byla vložka Shure M44D – výsledky byly subjektivně velmi dobré a odpovídaly objektivně změřeným parametrům.



Obr. 93. Vnější vzhled předzesilovače



Desičky s plošnými spoji pro všechny konstrukce uveřejněné v tomto čísle RK si můžete zakoupit v prodejně Radiomater v Praze nebo objednat u Radioklubu Smaragd, poštovní schránka 116, Praha 10.

Ceny jednotlivých desiček jsou:

SMARAGD C34 Řídicí část zdroje
SMARAGD C35 Tyristorová pojistka
SMARAGD C36 Měřicí kapacit
SMARAGD C37 Měřicí odporů
SMARAGD C38 Zdroj
SMARAGD C39 NF zesilovač
SMARAGD C40 NF předzesilovač

22,50 Kčs
2,60 Kčs
16,80 Kčs
8,70 Kčs
17,— Kčs
17,70 Kčs
18,40 Kčs

Obr. 94. Deska s plošnými spoji předzesilovače SMARAGD C 40
(odpory 33k mají být správně 39k)

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR

- vydává vydavatelství MAGNET, Praha 1, Vladislavova 26, telefon 234355-7 ● Šéfredaktor ing. František Smolík ● Redakce Praha 2, Lublaňská 57, tel. 223630 ● Redakční rada: K. Bartoš, ing. J. Čermák, K. Donát, ing. L. Hloušek, A. Hofhans, Z. Hradský, ing. J. T. Hyan, K. Krbec, ing. A. Lavante, K. Novák, ing. O. Petráček, dr. J. Petránek, ing. J. Plzák, M. Procházka, K. Pytner, ing. J. Vackář, J. Ženíšek ● Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 3,50 Kčs, pololetní předplatné 10,50 Kčs, roční předplatné 21,— Kčs ● Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil MAGNET - administrace, Praha 1, Vladislavova 26. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel ● Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS-vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1 ● Dohledací pošta Praha 07 ● Tiskne Naše vojsko, závod 01, Na valech 1, Praha-Dejvice ● Za původnost příspěvků ručí autor. Redakce rukopis vrátí, bude-li vyžádán a bude-li připojena frankovaná obálka se zpětnou adresou ● Toto číslo vyšlo 23. června 1969

© Vydavatelství MAGNET

NEPŘEHLÉDNĚTE! MAGNETOFON B 46 STEREO

je přístroj vhodný jako doplňující zařízení ke stereofonnímu přijímači, hudební skříni nebo gramofonu. Umožňuje monofonní záznam i reprodukci, stereofonní záznam a trikový synchronní záznam.

Stereofonní záznam je možno reprodukovat buď stereosluchátky nebo hlasitě pomocí přídatného zařízení (stereofonní zesilovač, stereofonní rozhlasový přijímač).

Rychlost posuvu pásku
9,53 cm/s

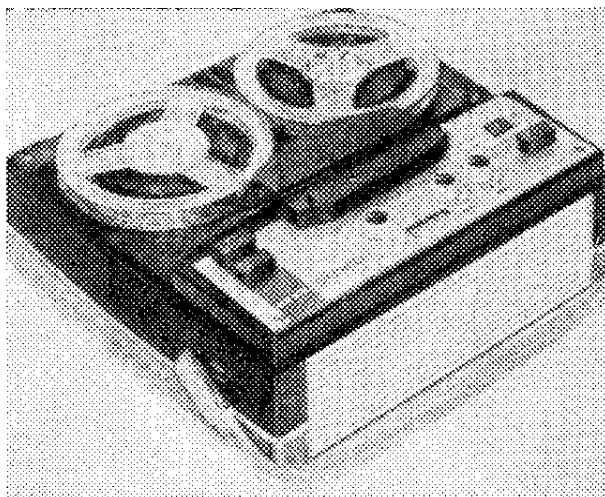
Kmitočtový rozsah
50 – 15 000 Hz

Výstupní výkon 2,4 W

Napájení 120/220 V – 50 Hz

To jsou hlavní technické údaje tohoto moderního magnetofonu.

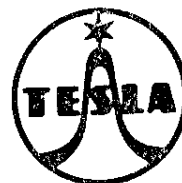
Žádejte ve specializovaných prodejnách TESLA.



Adresy prodejen TESLA:

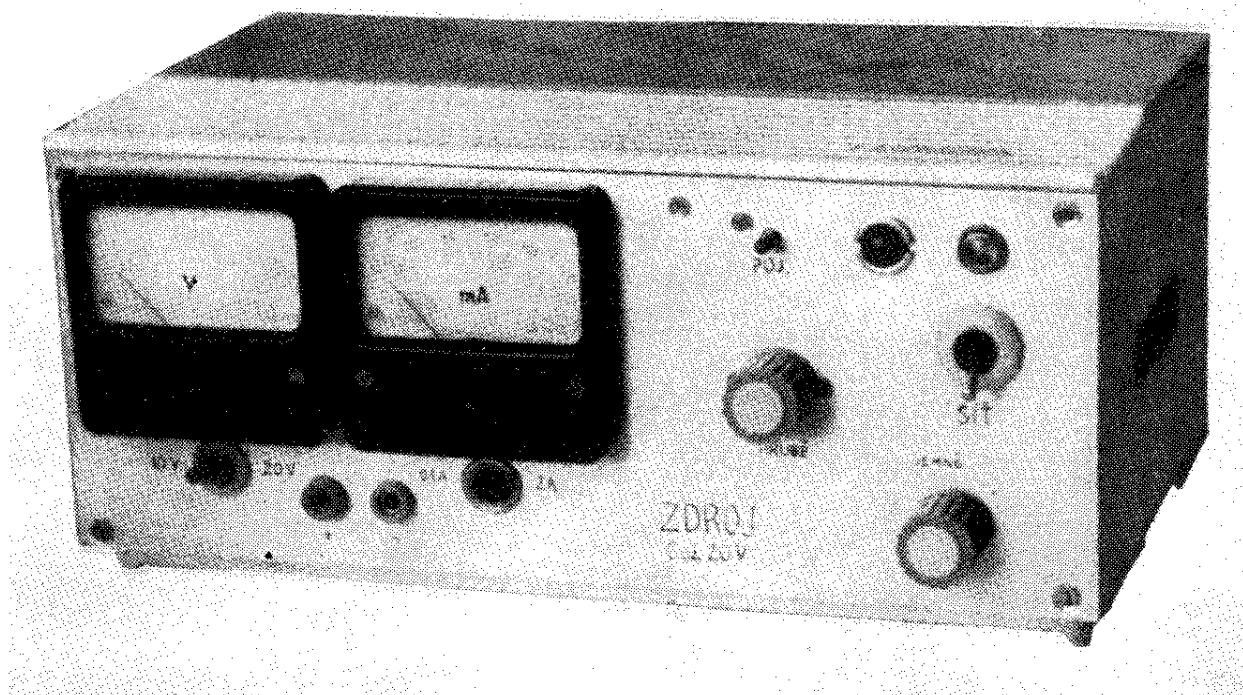
PRAHA 1 – Martinská 3, PRAHA 1 – Národní 25, pasáž Metro,
PRAHA 2 – Slezská 4, PRAHA 1 – Soukenická 3, PARDUBICE
Jeremenkova 2371, KRÁLÍKY – nám. Čs. armády 362, ÚSTÍ
n. Lab. Revoluční 72, DĚČÍN – Prokopa Holého 21, LIBEREC –
Pražská 142, CHOMUTOV – Puchmajerova 2, JABLONEC –
Lidická 8, CHEB – tř. Svobody 26, Č. BUĎĚJOVICE – Jírovцова
5, BRNO – Masarykova tř. 23, BRNO – Františkánská 7 (jen sou-
částky), JIHLAVA – nám. Míru 66, PROSTĚJOV – Žižkovo nám.
10, OSTRAVA – Gottwaldova 10, OLOMOUC nám. Rudé armády
21, FRÝDEK-MÍSTEK, sídliště Riviéra (Dům služeb).

BRATISLAVA – Červenej armády 8–10, B. BYSTRICA – Ma-
linovského 2, KOŠICE – Nové Mesto, Luník 1, MICHALOVCE –
Děm Služieb, II. posch., KEŽMAROK – Červenej armády 50

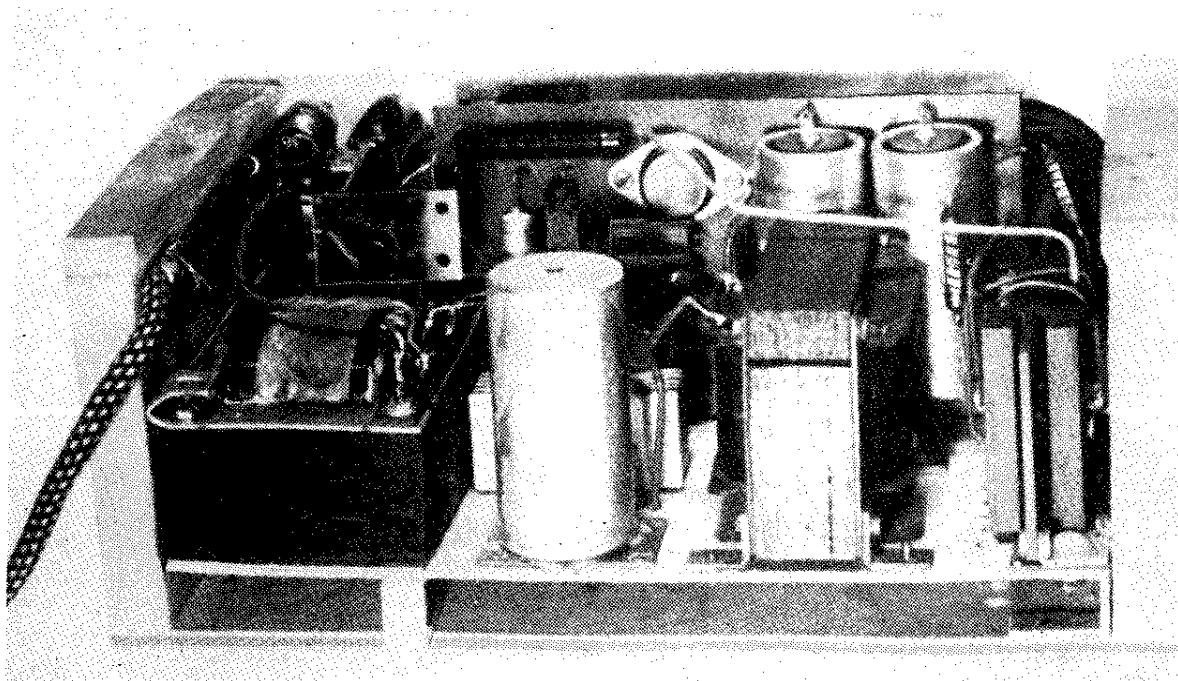


TESLA

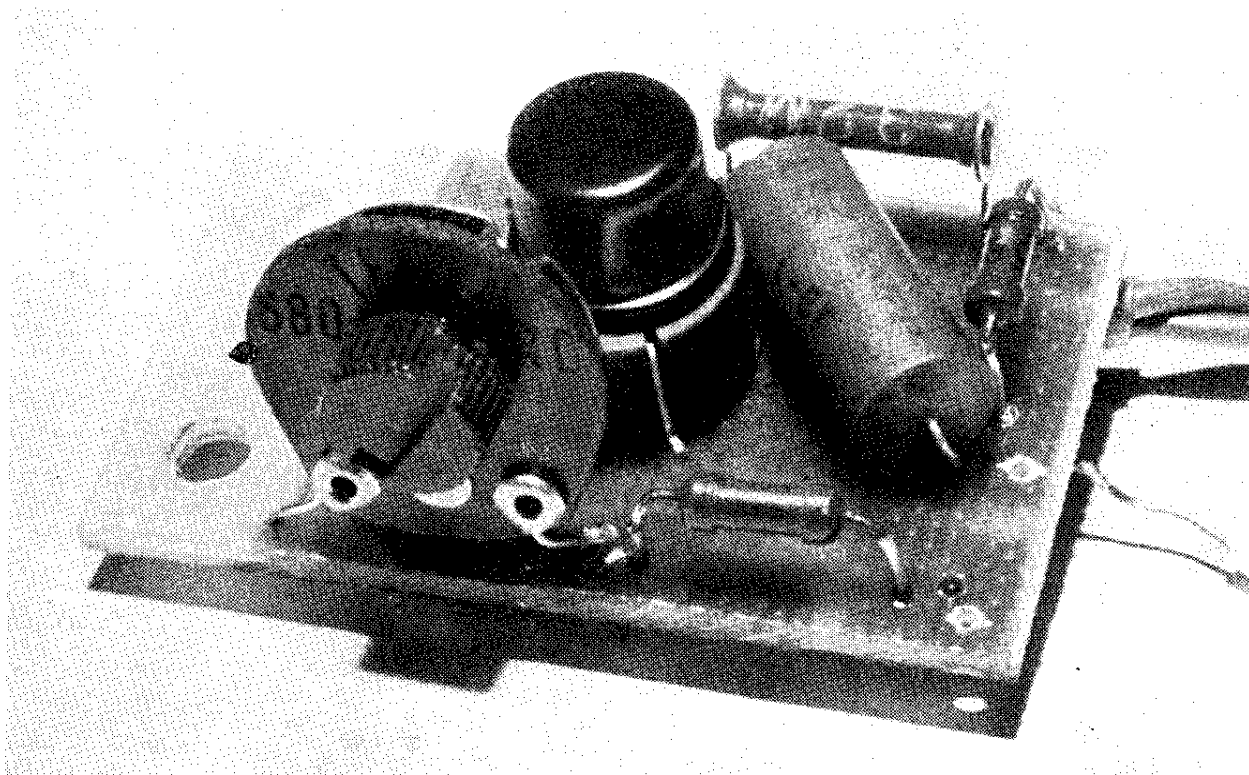
DOBRÉ VÝROBKY
DOBRÉ SLUŽBY



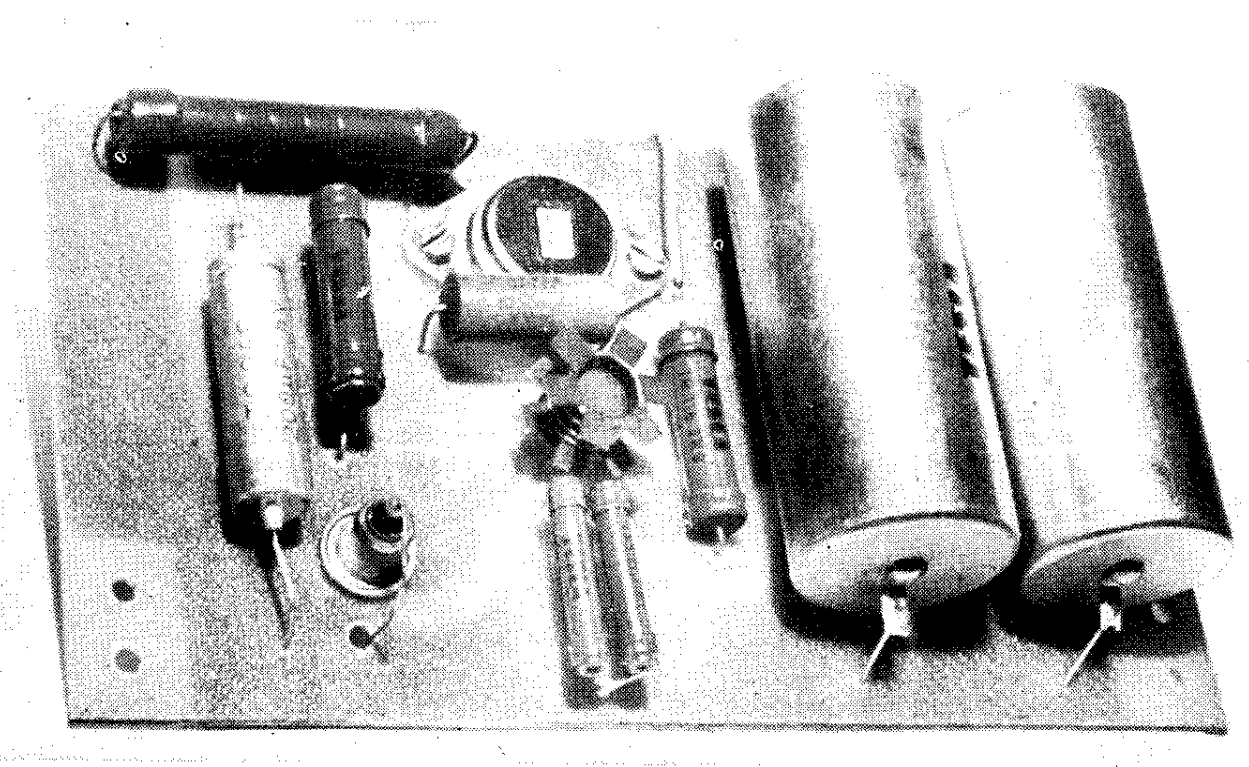
Tranzistorový regulovatelný napájecí stabilizovaný zdroj s křemíkovými tranzistory a elektronickou pojistkou. Mřížka na horní stěně zdroje je z přijímače Sputnik (prodávala se ve výprodeji)



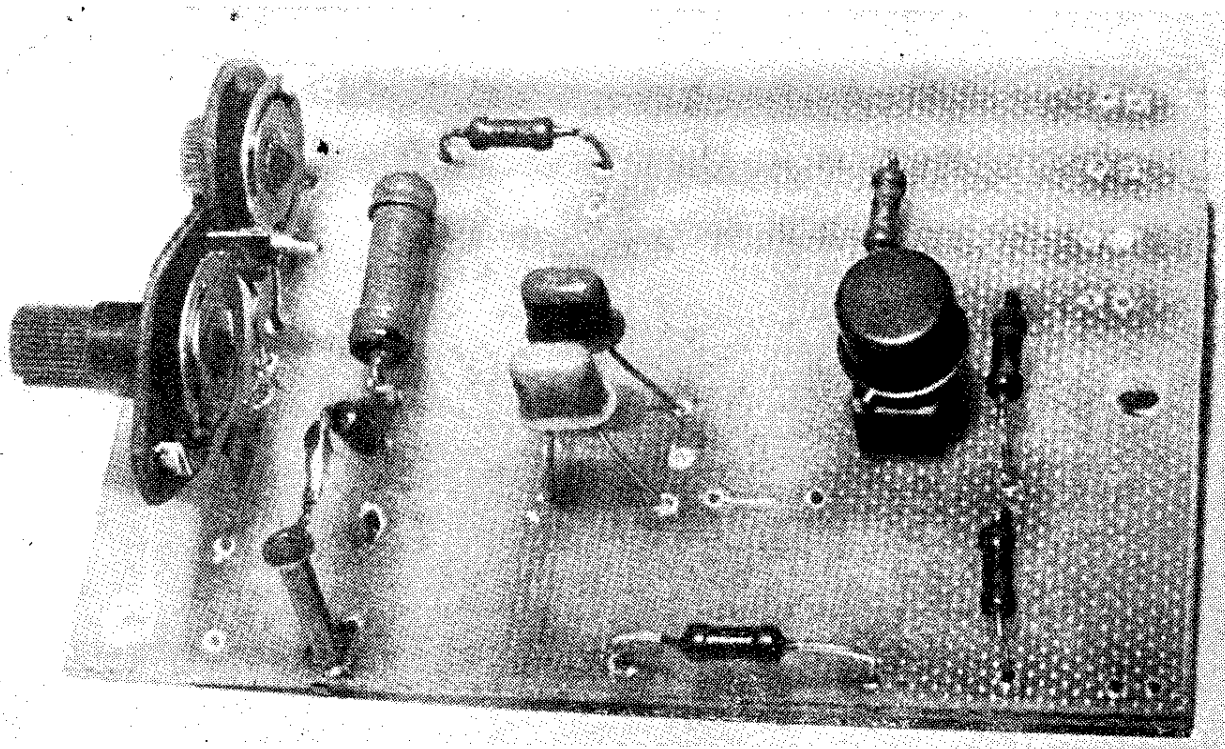
Pohled na vnitřní uspořádání stabilizovaného zdroje. Vlevo síťový transformátor, vedle něj kondenzátor C_1 , dále síťová tlumivka, zcela vpravo chladič koncových tranzistorů. Kolmo k šasi je deska s plošnými spoji řídicí části zdroje



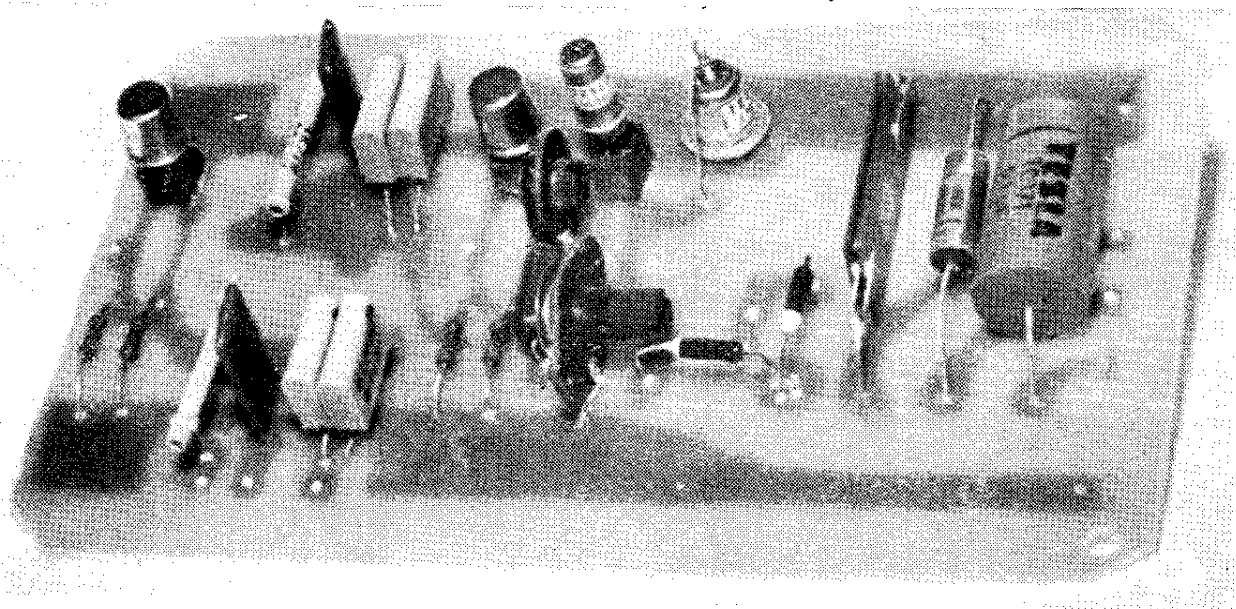
Deska s plošnými spoji elektronické pojistky s tyristorem



Osazená deska s plošnými spoji řídicí části zdroje. Ve středu desky tranzistor T_1 , nad ním tranzistor T_2



Osazená deska s plošnými spoji měřiče odporů. Vlevo odpory děliče pro jednotlivé měřicí rozsahy, ochranné diody a vpravo tranzistor KF508



Osazená deska s plošnými spoji měřiče kapacit. Odleva tranzistor T_1 , kondenzátory 4,7 nF, 47 nF a 0,47 μ F (složen ze dvou kondenzátorů 0,22 μ F), tranzistor T_2 , T_3 , Zenerova dioda a referenční kondenzátory